



Máster Internacional en  
GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE  
(6ª edición: 2015-2017)

## TESIS

presentada y públicamente defendida  
para la obtención del título de

## MASTER OF SCIENCE

Comparación de los datos de  
posicionamiento de la flota de arrastre  
recogidos a través del sistema AIS  
(Automatic Identification System) y VMS  
(Vessel Monitoring System) en el Golfo de  
Alicante (SE España)

JUAN BAUTISTA SÁNCHEZ TORREGROSA  
Septiembre 2018



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



CIHEAM  
Instituto Agronómico  
Mediterráneo de Zaragoza

MASTER EN GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE  
(6ª edición: 2015-2017)

**COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE  
POSICIONAMIENTO DE LA FLOTA DE  
ARRASTRE RECOGIDOS A TRAVÉS DEL  
SISTEMA AIS (*Automatic Identification System*) Y  
VMS (*Vessel Monitoring System*) EN EL GOLFO  
DE ALICANTE (SE ESPAÑA).**

JUAN BAUTISTA SÁNCHEZ TORREGROSA

Alicante,

a 7 de Septiembre de 2018



# **COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE POSICIONAMIENTO DE LA FLOTA DE ARRASTRE RECOGIDOS A TRAVÉS DEL SISTEMA AIS (*Automatic Identification System*) Y VMS (*Vessel Monitoring System*) EN EL GOLFO DE ALICANTE (SE ESPAÑA).**

JUAN BAUTISTA SÁNCHEZ TORREGROSA

Trabajo realizado en la Universidad de Alicante, en San Vicente del Raspeig (Alicante), y el Instituto Español de Oceanografía de Murcia, en San Pedro del Pinatar (Murcia), España, bajo la dirección del Dr. JOSE LUIS SÁNCHEZ LIZASO y el Dr. JOSE MARIA BELLIDO MILLAN.

Y presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera Sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

VºBº Director

VºBº Director

Autor

Sgd: José M. Bellido

Sgd: José L. Sánchez

Sgd: Juan Bta. Sánchez

Alicante, 7 de Septiembre 2018





# **COMPARACIÓN DE LOS DATOS DE POSICIONAMIENTO DE LA FLOTA DE ARRASTRE RECOGIDOS A TRAVÉS DEL SISTEMA AIS (*Automatic Identification System*) Y VMS (*Vessel Monitoring System*) EN EL GOLFO DE ALICANTE (SE ESPAÑA).**

JUAN BAUTISTA SÁNCHEZ TORREGROSA

Trabajo realizado en la Universidad de Alicante, en San Vicente del Raspeig (Alicante), y el Instituto Español de Oceanografía de Murcia, en San Pedro del Pinatar (Murcia), España, bajo la dirección del Dr. JOSE LUIS SÁNCHEZ LIZASO y el Dr. JOSE MARIA BELLIDO MILLAN.

Presentado como requisito parcial para la obtención del Diploma Master of Science en Gestión Pesquera sostenible otorgado por la Universidad de Alicante a través de Facultad de Ciencias y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM) a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

Esta Tesis fue defendida el día 18 de septiembre de 2018 ante un Tribunal Formado por

- Presidente/a: Carlos Valle Pérez (UA)
- Vocal: Carlos Montero (MSC)
- Secretario/a: Mohamed Samy (consultor)
- Representante CIHEAM: Bernardo Basurco



## Índice de contenidos

<b>1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>2</b>
<b>3. MATERIAL Y METODOS .....</b>	<b>3</b>
3.1. BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA .....	3
3.2. ESTUDIO DE UNA ZONA PILOTO .....	4
3.2.1. Área de estudio .....	4
3.2.2. Unidad de estudio .....	5
3.2.3. Filtrado de datos .....	7
3.2.4. GIS .....	8
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
4.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS SISTEMAS AIS Y VMS .....	9
4.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS AIS Y VMS .....	9
4.1.2. MARCO LEGISLATIVO .....	18
4.1.3. ACCESIBILIDAD E INTERCAMBIO DE DATOS LOS AIS Y VMS .....	21
4.1.4. OTROS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN .....	24
4.2. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA FLOTA DE ARRASTRE DEL GOLFOS DE ALICANTE .....	29
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>51</b>



## Índice de Figuras

Figura 1: Área de estudio. ....	5
Figura 2: Porcentaje de pulsos totales de las diferentes modalidades de pesca. a) pulsos AIS b) pulsos VMS. ....	6
Figura 3: Porcentaje de pulsos totales de los barcos de arrastre por provincias. a) pulsos VMS b) pulsos AIS. ....	6
Figura 6: Esquema de funcionamiento del sistema AIS ( <a href="http://salvador-nautico.blogspot.com/2010/02/ais.html">http://salvador-nautico.blogspot.com/2010/02/ais.html</a> ).....	11
Figura 7: Esquema de funcionamiento de las transmisiones AIS (Bole et al 2005).....	16
Figura 8: Tipos de dispositivos que utilizan el sistema AIS (All About AIS <sup>7</sup> ). ....	17
Figura 9: Funcionamiento del sistema STODMA ( <a href="https://fi.m.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:AIS-USCG-Overview.jpg">https://fi.m.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:AIS-USCG-Overview.jpg</a> ). ....	17
Figura 10: Esquema del intercambio de información del sistema SafeSeaNet (Soltow 2017). ...	23
Figura 11: Esquema de funcionamiento del sistema LRIT ( <a href="https://marygerencia.com/2017/07/23/sistema-de-identificacion-y-seguimiento-de-largo-alcance-de-los-buques-lrit/">https://marygerencia.com/2017/07/23/sistema-de-identificacion-y-seguimiento-de-largo-alcance-de-los-buques-lrit/</a> ).....	26
Figura 12: Esquema del sistema AIS satelital ( <a href="http://www.satelital-movil.com/2015/09/crece-cantidad-de-satelites-para.html">http://www.satelital-movil.com/2015/09/crece-cantidad-de-satelites-para.html</a> ). ....	28
Figura 13: Pulsos totales. ....	29
Figura 14: Pulsos totales por Barco y puerto. En azul los pulsos totales y en naranja los pulsos de arrastre. ....	30
Figura 15: Suma de Pulsos de arrastre totales en función de la distancia a la antena. En azul los pulsos AIS y en naranja los pulsos VMS. ....	31
Figura 16: Número de Pulsos dentro de los 25 km alrededor de la antena AIS. ....	32



Figura 17: Promedio de los pulsos emitidos por barco y día dentro de los 25 km desde la Antena AIS. ....	32
Figura 18: Número de Pulsos totales / Día por barco dentro de los 25 km desde la Antena AIS. En azul los pulsos AIS totales y en naranja los pulsos VMS totales. ....	33
Figura 19: Número de Pulsos de arrastre / Día por barco dentro de los 25 km desde la Antena AIS En azul los pulsos AIS de arrastre y en naranja los pulsos VMS de arrastre. ....	34
Figura 20: Distribución de los pulsos de arrastre: (a) Sistema AIS (b) Sistema VMS. ....	36
Figura 21: Distribución de los pulsos de arrastre dentro de los 25 km desde la Antena AIS: (a) Sistema AIS (b) Sistema VMS. ....	37
Figura 22: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Diciembre. ....	38
Figura 23: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Enero.....	38
Figura 24: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Febrero. ....	38
Figura 25: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Marzo.....	38
Figura 26: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Abril. ....	38
Figura 27: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Mayo.....	38
Figura 28: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Junio.....	39
Figura 29: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Julio.....	39
Figura 30: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Agosto.....	39
Figura 31: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Septiembre. ....	39
Figura 32: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Octubre.....	39
Figura 33:Pulsos VMS de arrastre en el mes de Noviembre. ....	39

Figura 34: Pulsos emitidos por el barco V14 el día 02/09/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando. .... 40

Figura 35: Pulsos emitidos por el barco V14 el día 17/04/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando. .... 41

Figura 36: Pulsos emitidos por el barco V10 el día 19/11/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS. Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando. .... 41

Figura 37: Pulsos emitidos por el barco V3 el día 11/03/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos AIS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando .... 42

Figura 38: Pulsos recibidos del barco S4 el día 11/02/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos AIS. Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando .... 43



## Índice de Tablas

Tabla 1: Coordenadas del área de estudio.....	4
Tabla 2: Número de buques según el arte y la provincia del puerto base.....	5
Tabla 3: Número de barcos estudiados según la distancia a la antena y origen de los datos.....	7
Tabla 4: Información suministrada por el sistema AIS.....	12
Tabla 5: Intervalos de emisión del sistema AIS según la actividad del barco (OMI 2002). ....	13
Tabla 6: Diferencias entre el dispositivo AIS clase A y clase B (Moya Delgado 2016). ....	14
Tabla 7: Distancia del pulso más lejano a la antena según el mes.....	30
Tabla 8: Frecuencia de emisión de los Sistemas AIS y VMS. ....	34
Tabla 9: Resumen de los Sistemas AIS y VMS .....	46



## Índice de Acrónimos

- AIS: Automatic Identification System
- ANC: Autoridad Nacional Competente
- ASP: Application services Provider
- AtoN: Aid to Navigation
- CAA: Centro de Alarmas de Auxilio
- CC: Centro de Control
- CCP: Centro de Control Pesquero
- CDC: Cooperative Data Centre
- CL: Cliente Ligero
- CNUDM: Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar
- CR: Centro de Recepción
- CSP: Communication Services Provider
- CSTDMA: Carrier Sense Time Division Multiple Access
- ERE: Estaciones Remotas Embarcadas
- ETA: Estimated Time Arrival
- FAO: Food and Agriculture Organization
- FATDMA: Fixed Acces Time Division Multiple Access
- GPRS: General Packet Radio Service
- GPS: Global Positioning System
- LRIT: Long-Range Identification and Tracking
- MAPAMA: Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente
- MMSI: Movil Maritime System Identification
- OBP: On board Processing
- OMI: Organización Marítima Internacional
- ORP: Organización Regional de Pesca
- PPC: Política Pesquera Común
- RATDMA: Random Access Time Division Multiple Access
- S-AIS. Satelital AIS
- SART: Search And Rescue Transmitter
- SDP: Satellite Dish Plain
- SGP: Secretaria General de Pesca
- SIA: Sistema de Identificación Automática
- SLB: Sistema de Localización de Buques
- SLSEPA: Sistema de Localización y Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras Andaluzas
- SOLAS: Safety Of Life at Sea
- SOTDMA: Self Organised Time Division Multiple Access
- TDMA: Time Division Multi Access
- UE: Unión Europea



- VHF: Very High Frequency
- VMS: Vessel Monitoring System
- VTS: Vessel Traffic Service
- ZEE: Zona Economica Exclusiva

## RESUMEN

La actividad pesquera se desarrolla en un marco espacial heterogéneo y, por tanto, disponer de datos con una buena resolución espacio temporal es imprescindible para un buen conocimiento y gestión de los recursos pesqueros. Actualmente la mayor parte de la flota pesquera española dispone de dos sistemas de posicionamiento independientes entre sí, el VMS (Vessel Monitoring System, en español Sistema de Localización de Buques, SLB) usado para control pesquero y el AIS (Automatic Identification System, en español Sistema de Identificación Automática, SIA) que se utiliza para seguridad y navegación marítima. En este trabajo se han comparado dichos sistemas utilizando como caso de estudio algunos buques pesqueros de la flota arrastrera del Golfo de Alicante que llevan instalados ambos sistemas. Se constata que la frecuencia de emisión de los dispositivos AIS es 15 veces superior a la de los dispositivos VMS, lo que provoca que se obtenga una imagen mucho más detallada de la actividad pesquera con dicho sistema. Por otro lado, se ha detectado que hay barcos que no emiten con el dispositivo AIS durante algunas operaciones de pesca, además, se observa que la antena de la Universidad de Alicante ofrece una buena cobertura en los primeros 25 km. En cuanto a los datos VMS en general tienen una frecuencia de emisión muy baja pero puede verse aumentada por un volcado extraordinario y puntual de datos a petición de la autoridad de control. A pesar de estos sesgos detectados en ambos sistemas, se observa que ambas fuentes de datos permiten conocer el patrón de actividad espacio temporal de la flota y que, en la zona donde la antena de la Universidad de Alicante tiene buena cobertura, la huella de la pesquería es similar para ambos sistemas.

## ABSTRACT

Fishing activity takes place in a heterogeneous spatial framework and, therefore, having data with a good spatial temporal resolution is essential for a good knowledge and management of fishery resources. Currently, most of the Spanish fishing fleet has two independent positioning systems: the Vessel Monitoring System (VMS), used for fisheries control, and the Automatic Identification System (AIS), used for safety and maritime navigation. In this work we have compared these systems using as a case study some fishing vessels of the trawling fleet of the Gulf of Alicante that have installed both systems. It is noted that the frequency of emission of AIS devices is 15 times higher than that of VMS devices, which results in a much more detailed picture of the fishing activity with this system. On the other hand, it has been detected that there are vessels that do not emit with the AIS device during some fishing operations, in addition, it is observed that the antenna of the University of Alicante offers a good coverage in the first 25 km. As for VMS data in general, they have a very low emission frequency but can be increased by an extraordinary and punctual dumping of data at the request of the control authority. In spite of these biases detected in both systems, it is observed that both data sources allow knowing the pattern of spatial and temporal activity of the fleet and that, in the area where the antenna of the University of Alicante has good coverage, the footprint of the fishery is similar for both systems.

## RÉSUMÉ

L'activité de pêche se déroule dans un cadre spatial hétérogène et, par conséquent, disposer de données avec une bonne résolution spatiale et temporelle est essentiel pour une bonne connaissance et une bonne gestion des ressources halieutiques. Actuellement, la majeure partie de la flotte de pêche espagnole dispose de deux systèmes de positionnement indépendants: le Vessel Monitoring System (VMS), utilisé pour le contrôle de la pêche, et le Automatic Identification System (AIS), utilisé pour la sécurité et la navigation maritime. Dans ce travail, nous avons comparé ces systèmes en utilisant comme étude de cas certains navires de pêche de la flotte de chalutage du Golfe d'Alicante qui dispose des deux systèmes. Il est à noter que la fréquence d'émission des dispositifs AIS est 15 fois plus élevée que celle des dispositifs VMS, ce qui donne une image beaucoup plus détaillée de l'activité de pêche avec ce système. D'autre part, il a été détecté qu'il y a des navires qui n'émettent pas avec l'appareil AIS pendant certaines opérations de pêche, en outre, on observe que l'antenne de l'Université d'Alicante offre une bonne couverture dans les 25 premiers kilomètres. Quant aux données VMS en général, elles ont une fréquence d'émission très faible mais peuvent être augmentées par un déversement extraordinaire et ponctuel de données à la demande de l'autorité de contrôle. Malgré ces biais détectés dans les deux systèmes, on observe que les deux sources de données permettent de connaître le profil de l'activité spatiale et temporelle de la flotte et que, dans la zone où l'antenne de l'Université d'Alicante a une bonne couverture, l'empreinte de la pêche est similaire pour les deux systèmes.

## 1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La actividad pesquera, se desarrolla en un marco espacial e interactúa con la distribución de las poblaciones marinas que son objeto de su extracción. Esta interacción flota-recurso tiene un elevado dinamismo, y a menudo suelen cambiar las zonas de operación ya sea por interés de la flota o por cambio en la distribución del recurso (Gillis and Peterman 1998; Gillis et al. 1993).

Por lo tanto, el disponer de datos con una buena resolución espacio temporal se ha convertido en imprescindible para un buen conocimiento y gestión de los recursos marinos (Vilela et al 2018).

En efecto, a la hora de comprender el funcionamiento de una pesquería, es importante tener la información lo más completa y desagregada posible. En los modelos de evaluación pesquera utilizados hasta el momento, la información sobre la situación de la flota no se había tenido en cuenta, no obstante se ha demostrado que conocer la distribución espacial del esfuerzo pesquero es fundamental ya que puede afectar, entre otros, a las tendencias de las tasas de captura (Daw, 2008; Salthaug and Aanes 2003, Lee et al. 2010, Stewart et al. 2010). En este sentido se están desarrollando modelos que incorporen datos espaciales de la flota y que además combinen los datos espaciales con los diarios electrónicos de pesca para tener una distribución fina tanto del esfuerzo como de las capturas (Gerritsen and Lordan 2011).

Para mejorar la gestión de pesquerías, conocer con detalle la distribución espacial de la actividad pesquera abre la posibilidad al desarrollo de diferentes herramientas de gestión espacial (Bellido et al 2015). En este contexto, diversos autores proponen se pueden recuperar las especies vulnerables o sobreexplotadas a través de zonas cerradas temporal o permanentemente a la pesca (Norse 2010, Worm et al. 2009, Gaines et al. 2009). Para que estas zonas cerradas sean efectivas es necesario conocer la actividad de la flota y los cambios espaciales que se producen después del dicho cierre (Forcada et al. 2009, Rolim and Ávila-da-Silva 2016). Además, también se han propuesto la gestión espacial para reducir los descartes de especies accesorias (Hobday and Hartmann 2006; Dunn et al. 2011, Pennino et al. 2014).

Por otro lado, la necesidad de armonizar el uso del espacio marítimo, debido a la proliferación de las actividades (aumento del tráfico marítimo, instalación de plataformas de extracción de crudo y gas, actividades de ocio y navegación, instalación de polígonos eólicos offshore, acuicultura), provocó que en julio de 2014 la Unión Europea adoptará una ley sobre la Planificación Espacial Marina, Directiva 2014/89/UE. (Halpern et al. 2008, Le Tixerant et al. 2018, James et al. 2018). En este sentido, se hace imprescindible monitorizar la localización de los buques pesqueros para conocer la huella pesquera puesto que la pesca es una de las principales actividades en el medio marino (Janben et al. 2018):

Actualmente la flota de arrastre española, dispone de dos sistemas de posicionamiento independientes entre sí. Por un lado, está el VMS (Vessel Monitoring System) que se trata de un sistema de posicionamiento vía satélite utilizado por la Secretaría General de Pesca para el control de la actividad pesquera. Por otro lado, la OMI (Organización Marítima Internacional), ha implantado en los buques bajo el convenio SOLAS un sistema llamado AIS (Automatic Identification System) que emite

la posición de estos buques a través de una banda marítima de VHF con el objetivo de que otros barcos puedan detectarlos y así prevenir los abordajes en la mar.

## 2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

En este trabajo se analizarán las posibilidades de uso de los datos de los dos sistemas de posicionamiento geográfico de barcos pesqueros existentes para estudios de planificación espacial de la flota. Para ello, se plantean los siguientes objetivos:

- Analizar la tipología y características de dichos datos geográficos, sus fuentes de datos, así como las características y condiciones de acceso a los datos.
- Comparar en una zona piloto, la información obtenida por cada uno de los sistemas de posicionamiento.

### 3. MATERIAL Y METODOS

#### 3.1. BUSQUEDA BIBLIOGRAFICA

Para responder al primer objetivo del trabajo que consiste en explicar las características técnicas, la normativa y la accesibilidad de los datos, tanto para el sistema AIS como para el sistema VMS se ha realizado una revisión bibliográfica.

Para ello se han utilizado diferentes fuentes de información según el sistema pero en ambos casos se ha seguido la misma metodología de búsqueda. Se ha empezado por buscar información de carácter más general para finalmente centrarse en una zona concreta. Por ello, primero, se ha revisado la bibliografía de organismos internacionales, seguidamente se ha consultado la información disponible a nivel de la Unión Europea y finalmente se ha buscado información a nivel nacional. Las fuentes de información utilizadas han sido:

- **Repositorios digitales de organismos internacionales.** Para buscar información sobre el VMS se han utilizado los repositorios de Naciones Unidas y la FAO mientras que para obtener información sobre el AIS, se han utilizado los repositorios de la Organización Marítima Internacional, Unión Internacional de Telecomunicaciones o la Comisión internacional de electrotecnia. En estos repositorios se han buscado principalmente documentos e informes técnicos. También se han consultado de manera puntual otros repositorios de Organizaciones Regionales de Pesca sin que la información obtenida haya sido relevante para este trabajo.
- **Boletines Oficiales** tanto europeos como nacionales para obtener la legislación vigente de ambos sistemas. En este punto la búsqueda ha sido más difícil porque se ha encontrado mucha legislación obsoleta y se ha tenido que confirmar que todas las directivas, reglamentos, leyes, órdenes y decretos estén en vigor.
- **Webs especializadas** donde poder entender de una manera más divulgativa las partes más técnicas de ambos sistemas.
- **ScienceDirect:** Se trata de un repositorio de artículos científicos.

A la hora de la búsqueda se ha hecho mucho hincapié en confirmar que la información suministrada por las distintas fuentes es fiable, contrastada o contrastable.



### 3.2. ESTUDIO DE UNA ZONA PILOTO

El segundo objetivo del trabajo es comparar los datos AIS y VMS detectados en una zona piloto.

El hecho de que estos sistemas tengan diferentes maneras de transmitir la información; los datos AIS son transmitido por VHF mientras que los datos VMS son transmitidos vía satélite; junto con el hecho de que el VMS y el AIS tienen finalidades distintas y que este último se puede apagar de forma arbitraria, hace pensar que posiblemente existan diferencias en la imagen obtenida de la actividad pesquera usando los datos de un sistema y de otro.

Las preguntas que nos hemos realizado en este apartado han sido las siguientes:

- ¿Existen sesgos en los datos de ambos sistemas?
- ¿La huella pesquera resultante de ambos sistemas es similar o existen diferencias entre un sistema y otro?

#### 3.2.1. Área de estudio

Los datos AIS proceden de la antena instalada en la Universidad de Alicante por Marine Traffic. Como a priori no conocíamos el área de influencia de la antena AIS de la Universidad de Alicante, de la cual habíamos obtenido los datos AIS, se eligió una zona lo suficientemente grande para que en toda el área donde hubiesen datos AIS también hubiesen datos VMS (figura 1) para pedir los datos VMS a la Secretaria General de Pesca,. Las coordenadas exactas del área de estudio están detalladas en la tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas del área de estudio.

PUNTO	GD (Grados Decimales)		GMS (Grados, Minutos, Segundos)	
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
NORD - ESTE	2,007772327244	39,29989169376	2°0'27,98"E	39°17'59,61"N
NORD - OESTE	-0,25516766779	39,24654514	0°15'18,603"O	39°14'47,563"N
SUD – ESTE	2,041409364050	37,5088258389631	2°2'29,073"E	37°30'31,773"N
SUD - OESTE	-1,45222522841	37,4922854479501	1°27'8,01"O	37°29'33,228"N

Dentro de esta área encontramos 19 puertos pesqueros (ver figura 1), 16 en la península (13 en la Comunidad Valenciana y 3 en Murcia) y 3 en la zona de Baleares concretamente en la isla de Ibiza. En este trabajo nos centraremos solo con los 13 puertos de la Comunidad Valenciana.



<b>GIRONA</b>	0	0	1	2	3
<b>HUELVA</b>	0	0	1	0	1
<b>TOTAL</b>	316	47	99	262	724

De esos 724 barcos estudiados, 541 barcos han emitido pulsos AIS, VMS o ambos. Como se puede observar en la figura 2 el 89% de los pulsos AIS y el 70% de los pulsos VMS corresponden a buques pesqueros de arrastre de fondo. Además, como se ve en la figura 3, el 71% de los pulsos VMS y el 99,6% de los pulsos AIS corresponden a buques con puerto base en la provincia de Alicante.

En este trabajo solo se analizaron los datos de los buques de arrastre de los principales puertos de la provincia de Alicante (Altea, Calpe, Denia, Javea, Santa Pola y Villajoyosa). Se descartaron los buques de arrastre de los puertos alicantinos de Campello y Torrevieja debido a que hay pocos datos de estos buques.

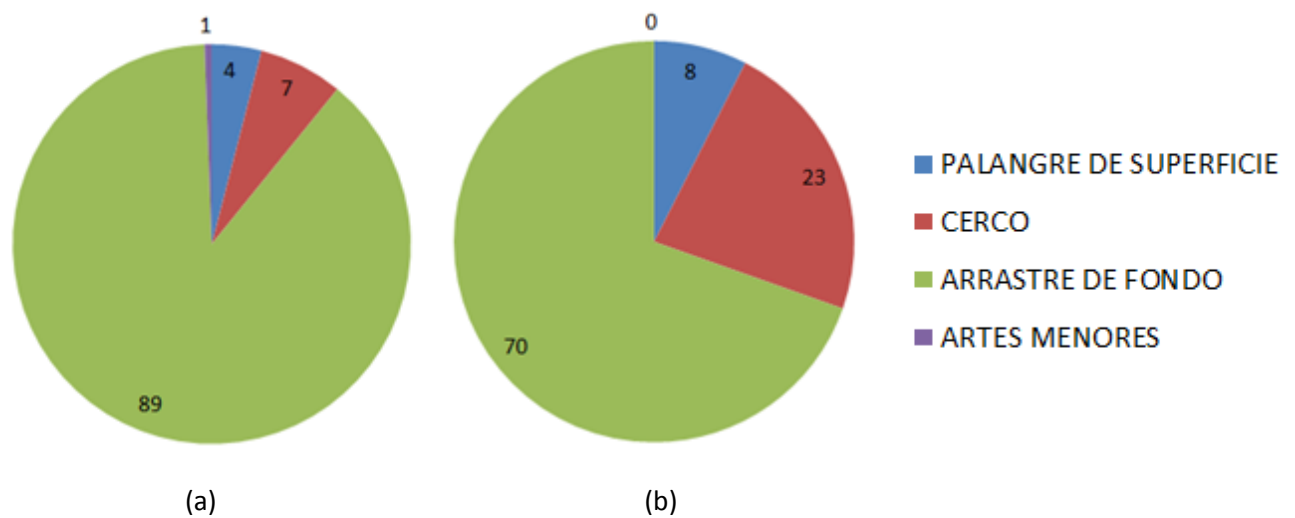


Figura 2: Porcentaje de pulsos totales de las diferentes modalidades de pesca. a) pulsos AIS b) pulsos VMS.

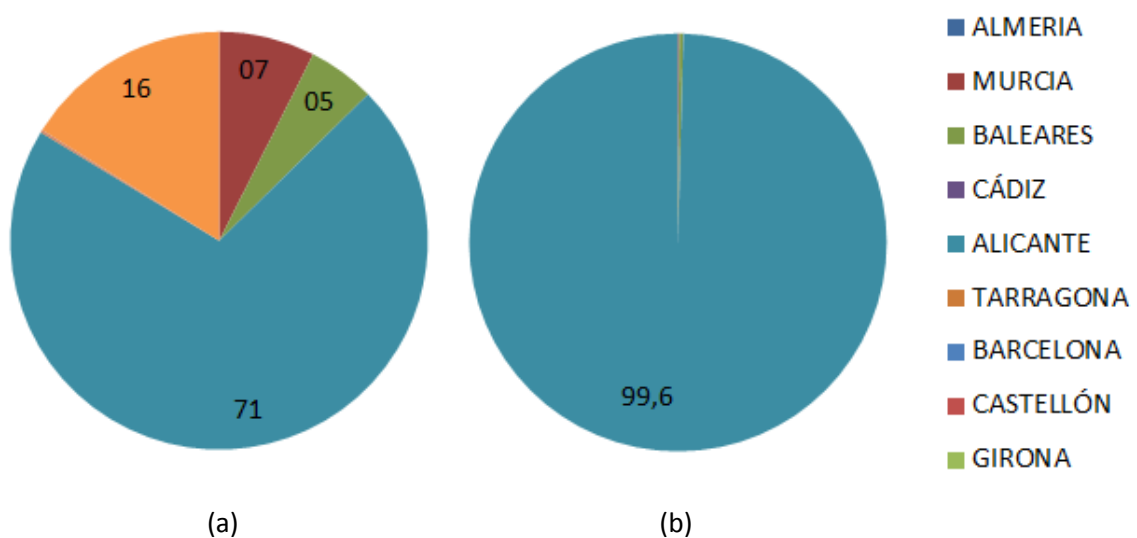


Figura 3: Porcentaje de pulsos totales de los barcos de arrastre por provincias. a) pulsos VMS b) pulsos AIS.

En cuanto al número de pulsos de ambos sistemas (AIS y VMS), se diferenciaron los pulsos totales y los pulsos registrados cuando los barcos navegaban entre 2 y 4 nudos, denominados a lo largo del trabajo “pulsos de arrastre” ya que a esas velocidades suelen navegar los arrastreros cuando están faenando. También se estudiaron los pulsos dentro de los primeros 25 kilómetros de distancia a la antena.

Por lo tanto, el número de barcos analizados según el tipo de datos, la distancia a la antena y la velocidad del buque se detallan en la tabla 3.

*Tabla 3: Número de barcos estudiados según la distancia a la antena y origen de los datos.*

	Área de estudio		<25 Km	
	AIS	VMS	AIS	VMS
<b>TOTAL</b>	100	102	53	58
<b>ARRASTRE</b>	100	102	35	53

### 3.2.3. Acceso y filtrado de datos

Para este trabajo se analizaron datos VMS y AIS del año 2015. Los datos de VMS fueron proporcionados por parte de la Secretaria General de Pesca y los datos de AIS se extrajeron de la Antena de la Universidad de Alicante y fueron proporcionados por parte de Marine Traffic. Para conseguir los datos VMS se tuvo que realizar una petición formal expresamente para este trabajo, a la Secretaria General de Pesca a través del Instituto Español de Oceanografía, debido a que esos datos solo se facilitan bajo una causa justificada. Los datos AIS se obtuvieron a través de la Universidad de Alicante con una petición a Marine Traffic, debido a un acuerdo entre ambas entidades.

A través del censo de buques pesqueros arrastreros de la Comunidad Valenciana se identificaron todos los buques y se les asignó su puerto de origen utilizando el censo de flota del MAPAMA. Finalmente los datos VMS y AIS se filtraron por modalidades de pesca y por el puerto de origen.

A continuación se crearon 6 bases de datos, una por cada puerto estudiado (Altea, Calpe, Villajoyosa, Santa Pola, Jávea y Denia), utilizando el programa Excel. Cada una de las tablas contenía la siguiente información:

Posicionamiento del Buque:

- Tipo de datos (AIS o VMS)
- Mes
- Fecha
- Fecha en juliano
- Diferencia de días entre un dato y el siguiente
- Hora
- Frecuencia de emisión entre un dato y el siguiente
- Rumbo
- Velocidad
- Latitud

- Longitud

#### 3.2.4. GIS

Los sistemas de información geográfica se utilizaron para poder visualizar la distribución espacial de los datos. Utilizando el programa QGIS se creó una rejilla vectorial de 5km \* 5 km y se contaron el número de pulsos tanto VMS como AIS que había dentro de cada cuadrícula con el objetivo de detectar las zonas donde se concentraban los barcos. Este proceso se repitió para los pulsos VMS de arrastre en los distintos meses del año. Para saber cómo evolucionaba el número de pulsos de los datos AIS en función a la distancia de la antena se añadió al proyecto la posición de la antena AIS en la universidad, se creó un buffer múltiple que iba hasta 245km de distancia y se contaron el número de pulsos de AIS y VMS cada kilómetro.

Finalmente se compararon de manera individualizada, pulsos AIS y VMS de algunos barcos en diferentes días a lo largo del año.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS SISTEMAS VMS Y AIS

#### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS VMS Y AIS

##### 4.1.1.1. Sistema de Localización de Buques (Vessel Monitoring System)

Un Sistema de Localización de Buques (SLB o VMS por sus siglas en inglés) es un programa de seguimiento, control y vigilancia pesquera, en el que el equipo instalado en los barcos de pesca ofrece información vía satélite sobre la posición y la actividad de ese barco (FAO, 2003). De acuerdo con Suhendar (2012), este sistema consta de 3 partes principales: Un equipo electrónico instalado a bordo, el sistema de comunicaciones y el Centro de Control Pesquero (ver figura 4).

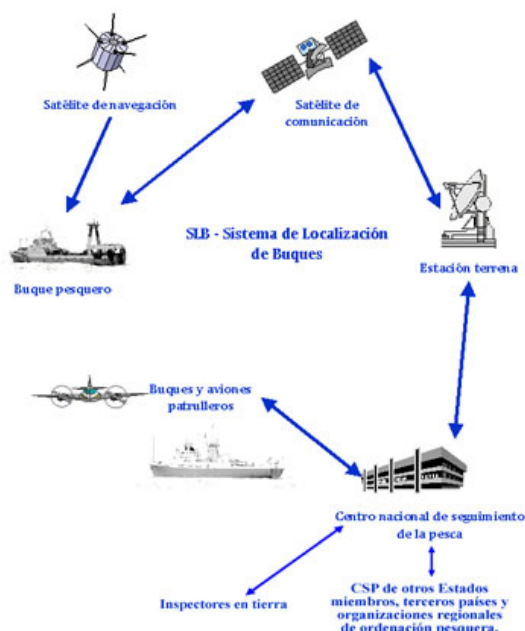


Figura 4: Esquema del funcionamiento del sistema VMS (Comisión Europea).

**El equipo electrónico instalado a bordo:** normalmente compuesto por una antena y un transmisor, una fuente de alimentación externa y cableado. Este sistema se encuentra en el puente del buque y está cerrado con una brida del ministerio para que no se pueda manipular el contenido. Existen varios tipos de tecnologías de a bordo pero todas ellas tienen en común que envían un informe de datos VMS donde encontramos un identificador de unidad único (este identificador identifica al aparato no al buque), la fecha y hora, la latitud y la longitud.

La unidad de a bordo proporciona información de posición, rumbo y velocidad a través de un GPS integrado en la unidad y transmite los informes de posición básicos y la información auxiliar a través de un sistema bidireccional que aparte de enviar



informes automáticos a intervalos predefinidos, también pueden ser consultado desde el centro de control, lo que permite que el este pueda solicitar información complementaria cuando lo necesite o incluso cambiar el intervalo de emisión de las posiciones. El envío de datos se realiza de forma automática y está aislada del operador del buque (FAO, 2003).

En España, según la *Secretaria de Pesca*<sup>1</sup>, existen 5 equipos certificados fabricados que utilizan los satélites Inmarsat (sistemas Ena, Sainsel y Satlink) e Iridium (sistema Zunibal). No obstante para aumentar la oferta de aparatos entre otras cuestiones, el ministerio va a actualizar todo los equipos a lo largo de estos próximos años (MAPAMA<sup>2</sup>) En la figura 5 se ve un ejemplo de un dispositivo instalado a bordo.



Figura 5: Dispositivos de localización de buques VMS (Secretaria General de Pesca. Gobierno de España).

**El sistema de comunicaciones** transmite informes de posición y otros mensajes desde el equipo de a bordo, vía satélite al centro de control. Actualmente la flota pesquera española emite las posiciones a través de los satélites INMARSAT e IRIDIUM (Gobierno de España, 2008 b).

**El Centro de Control Pesquero:** Dicho centro recopila los datos enviados por los buques pesqueros, los valida, los almacena y hace que la información esté disponible para su análisis o bien en tiempo real o en una base de datos para análisis históricos. La identidad y ubicación de los buques se presentan en un sistema de información geográfica para así detectar buques que incumplen la normativa (por ejemplo, un barco que pesca en una zona prohibida). Para detectar posibles infracciones se dispone de un sistema de alarmas que avisa a los operadores de actividades de pesca potencialmente ilegal.

<sup>1</sup> Secretaria de Pesca: <https://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/control-e-inspeccion-pesquera/control-actividad-pesquera/>

<sup>2</sup> Consulta Pública MAPAMA: <https://www.mapama.gob.es/es/pesca/participacion-publica/sistema-localizacion-via-satelite.aspx>

#### 4.1.1.2. Sistema de Identificación Automática (Automatic Identification System)

El Sistema de Identificación Automática (AIS por sus siglas en inglés) es un sistema de seguimiento de buques automático y autónomo que está muy extendido en el mundo marítimo para el intercambio de información sobre la navegación. A través de este sistema se puede intercambiar electrónicamente información entre diferentes estaciones receptoras (*Marine Traffic*<sup>3</sup>) (ver figura 6). La Organización Marítima Internacional en 2002, a través de una modificación del convenio SOLAS, obliga a instalar el sistema en algunos tipos de barcos como sistema fundamental de seguridad para prevenir los abordajes entre buques en alta mar (*OMI 2002*).

La información de los datos AIS se envía a intervalos regulares vía VHF usando dos frecuencias específicas, la de 161.975 Mhz y la de 162.025 Mhz., aunque el sistema es capaz de transmitir en otras frecuencias si hubiera una mayor demanda en el futuro (*OMI 2002*).

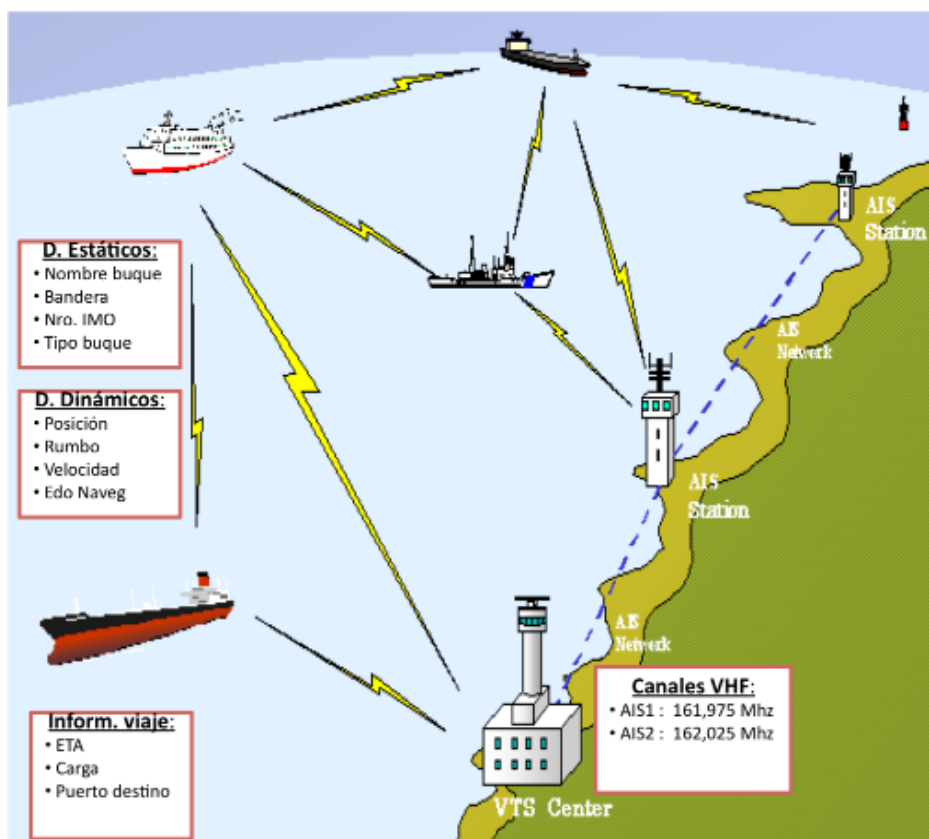


Figura 6: Esquema de funcionamiento del sistema AIS (<http://salvador-nautico.blogspot.com/2010/02/ais.html>).

<sup>3</sup> Marine Traffic: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/204581828-What-is-the-Automatic-Identification-System-AIS->

Cada buque envía la siguiente información AIS (ver tabla 4) junto con número de identificación del servicio móvil marítimo (MMSI) que es exclusivo (Ferra et al 2018; Bosnjak et al 2012, Marine Traffic<sup>4</sup>).

- **Información dinámica:** Información relativa a la posición del buque y la actividad que está realizando en cada momento.
- **Información estática:** Información descriptiva del buque.
- **Información del viaje:** Información relativa al origen y destino del barco, así como la carga que lleva a bordo.

Tabla 4: Información suministrada por el sistema AIS.

<b>Información estática</b>	Posición de la Antena
	Numero MMSI (Número de identificación del Servicio Móvil Marítimo)
	Nombre e identificativo de llamada del buque
	Eslora y manga del Buque
	Tipo de buque
<b>Información Dinámica</b>	Posición del barco indicada con precisión a través del sistema DGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial)
	Hora en UT (Hora Universal - Centro Europa)
	Velocidad
	Rumbo
	Estado de la Navegación: en navegación, anclado, incapaz de maniobrar, con capacidad restringida para maniobrar, amarrado, restringido por calado, varado, dedicado a la pesca, velero
<b>Información relacionada con el viaje</b>	calado del barco
	Carga peligrosa
	Puerto de destino y ETA
	Plan del pasaje
<b>Información VTS</b>	Información breve sobre alertas de seguridad y áreas con alertas sobre la navegación y otros peligros.

<sup>4</sup> Marine traffic: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/205426887-What-kind-of-information-is-AIS-transmitted->

La información se actualiza en diferentes intervalos de tiempo, a fin de mantener al mínimo la cantidad de información que se transmite. Los datos relacionados con el viaje y el bloque de datos estáticos solo se transmiten cada 6 minutos o a menos que haya una solicitud externa. El mensaje relacionado con la seguridad se envía cuando sea necesario. Los datos dinámicos se envían de acuerdo con la frecuencia indicada en la Tabla 5 (OMI, 2002).

*Tabla 5: Intervalos de emisión del sistema AIS según la actividad del barco (OMI 2002).*

ACTIVIDAD DEL BARCO	INTERVALO DE INFORMACIÓN
Barco anclado	3 min
Barco en movimiento de 0 a 14 nudos	12 s
Barco en movimiento de 0 a 14 nudos con cambio de derrotero	4 s
Barco en movimiento de 14 a 23 nudos	6 s
Barco en movimiento de 14 a 23 nudos con cambio de derrotero	2 s
Barco en movimiento a más de 23 nudos	3 s
Barco en movimiento a más de 23 nudos con cambio de derrotero	2 s

Existen diferentes tipos de transpondedores de AIS según el buque este obligado a llevarlo por el convenio SOLAS (Dispositivos clase A) o si es un AIS voluntario (dispositivos clase B) (OMI 1974, Matsumoto 2015, Llaquet 2006, Bosnjak 2012).

- **Dispositivos clase A:** Son los que están obligados a llevar todos los buques afectados por la normativa del convenio SOLAS. Es un sistema más completo que permite enviar y recibir una información estática dinámica y relativa al viaje mucho más completa. La potencia de emisión es de 12,5W y tiene un alcance teórico de 62.5 millas náuticas (Delgado Moya 2016; IEC 2001).
- **Dispositivos clase B:** Son los utilizados por los buques que no están obligados por las normas SOLAS a llevar el sistema AIS a bordo. Es un AIS más sencillo que el primero y tan solo emiten la posición aunque algunos modelos pueden enviar información complementaria. La potencia de emisión de estos aparatos es de 2W y tienen un alcance teórico de 10 millas náuticas (Delgado Moya 2016; IEC 2010 (b)).

Las principales diferencias entre ambos dispositivos son las siguientes (Tabla 6):

*Tabla 6: Diferencias entre el dispositivo AIS clase A y clase B (Moya Delgado 2016).*

DATOS	CLASE A (Emite y Recibe)	CLASE B (Solamente Recibe)
<b>Datos estáticos</b>		
Nombre del buque	✓	✓
Tipo	✓	✓
Indicativo	✓	
Número OMI	✓	
Eslora y manga	✓	✓
Ubicación de la antena	✓	✓
<b>Datos relativos al viaje</b>		
Calado	✓	
Información sobre la carga	✓	✓
Destino	✓	
ETA	✓	
Otra información relevante	✓	✓
<b>Datos dinámicos</b>		
Hora	✓	✓
Posición del buque	✓	✓
COG	✓	✓
SOG	✓	✓
Rumbo giróscopico	✓	✓
Velocidad de giro	✓	
Estado de la navegación	✓	
<b>Informes dinámicos</b>		
Velocidad del buque	✓	✓
Estado del buque	✓	✓
<b>Mensajes</b>		
Alarmas	✓	✓
Seguridad	✓	✓

Además de los dispositivos que están en el buque, existen otros equipos que también emiten a través del sistema AIS:

- **Estaciones en Tierra:** Las estaciones base AIS son estaciones de monitoreo en tierra que recogen datos AIS de dispositivos dentro de su rango. Aunque están situados en tierra firme, se comportan como cualquier dispositivo AIS normal, transmitiendo y recibiendo datos. Las estaciones base forman una cadena de receptores AIS a lo largo de la costa. Normalmente esas estaciones están colocadas por diferentes empresas que almacenan los datos para después poder venderlos (IEC 2007).
- **Dispositivos de Ayuda a la Navegación (AIS AtoN)** Los dispositivos de ayuda a la navegación se pueden encontrar en el mar o cerca del puerto, generalmente en boyas. Pueden realizar muchas funciones diferentes desde la realización de pruebas hidrológicas y meteorológicas hasta la ampliación del rango de estaciones base; y desde monitorear naves hasta advertirles de cualquier peligro (IEC 2008).
- **Dispositivos de Búsqueda y Rescate (AIS SART):** Los SART solo se usan en situaciones de emergencia y permiten un rescate rápido de embarcaciones en peligro o de botes salvavidas lanzados. Los SART de AIS son una tecnología relativamente nueva en comparación con los SART de radar; mejoran el aspecto de seguridad y ayudan a una recuperación rápida ya que el rumbo y la velocidad de la balsa salvavidas se incluyen en las transmisiones. Los buques de rescate pueden planear un curso para cruzar la balsa salvavidas de manera rápida y eficiente (IEC 2010a).

Para permitir que todos los dispositivos compartan las frecuencias limitadas disponibles, cada uno transmite por períodos de tiempo muy cortos y controlados con precisión. El sistema de transmisión se conoce como TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo). En dicho sistema, el tiempo está regulado por los relojes del sistema de posicionamiento global (GPS) provistos por satélite y está dividido en cuadros. Cada cuadro tiene 1 segundo de duración y está dividido en 2250 ranuras iguales (slots). Por lo tanto, normalmente hay 4500 intervalos de tiempo disponibles para la transmisión en cada segundo en las dos frecuencias (Santana Delfino 2009) (Ver figura 7). Se pueden transmitir el equivalente de 40-50 caracteres de texto por cada texto (64 bits). Los sistemas AIS a bordo de buques envían información codificada mediante una frase plana de texto como la siguiente:

!AIVDM,1,1,,B,1INS<8@P001cnWFEdSmh00bT0000,0\*38<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Marine Traffic: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/205413667-How-is-the-data-collected-and-used-by-MarineTraffic->

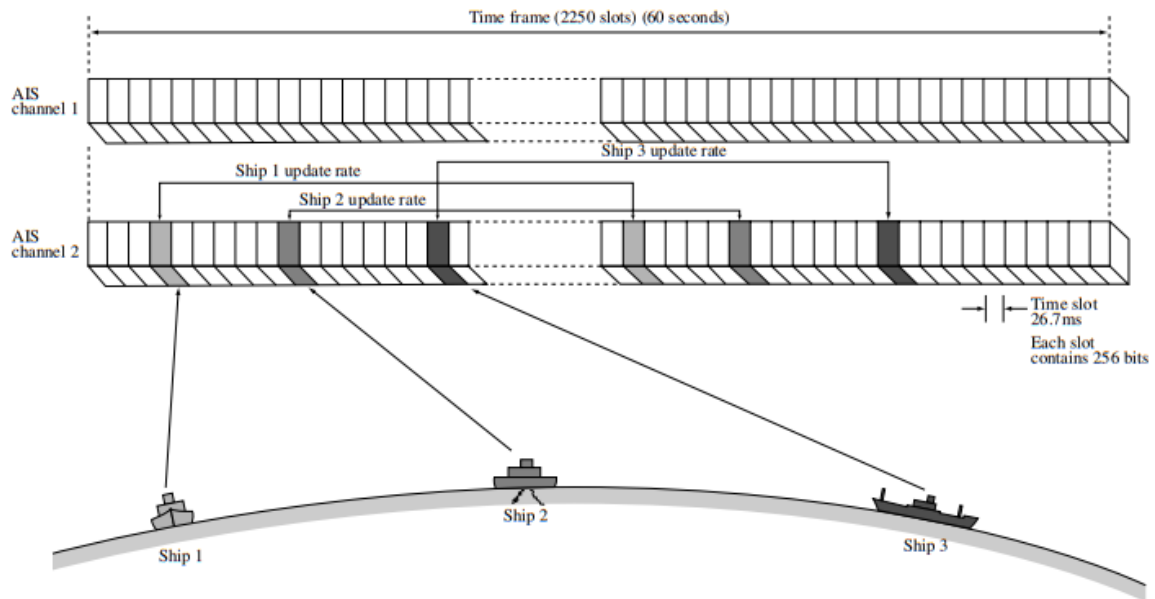
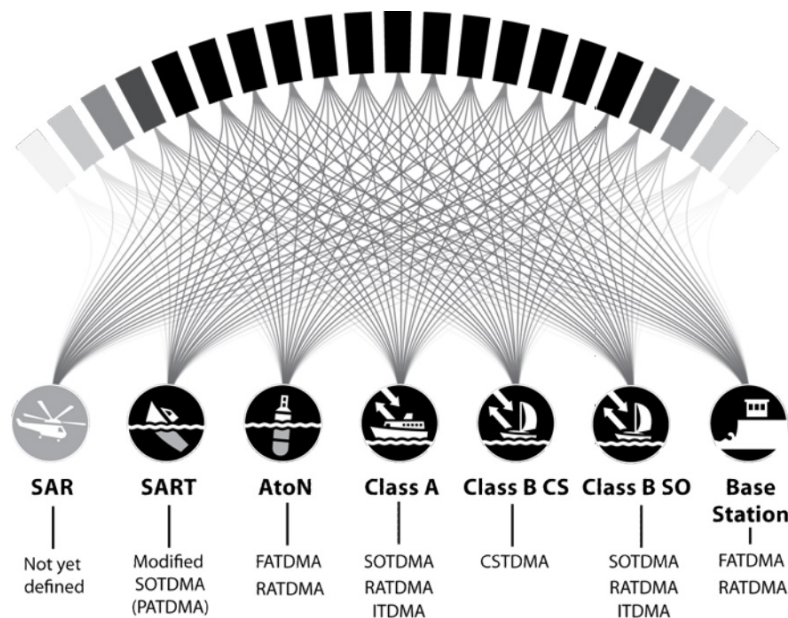


Figura 7: Esquema de funcionamiento de las transmisiones AIS (Bole et al 2005).

No obstante, el gran número de barcos que utilizan este sistema, la ingente cantidad de información transmitida así como la diversidad de dispositivos que existen hacen que existan diferentes variantes del sistema TDMA según el tipo de información que se vaya a transmitir y la importancia de la misma (Marine Traffic<sup>6</sup>, All about AIS<sup>7</sup>) (Figura 8).



<sup>6</sup> Marine Traffic: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/232784488-How-do-transmitted-AIS-signals-get-attributed-to-correct-vessels-in-busy-areas->

<sup>7</sup> All About AIS: <http://www.allaboutais.com/index.php/en/>



Figura 8: Tipos de dispositivos que utilizan el sistema AIS (All About AIS<sup>7</sup>).

El sistema **SOTDMA (Acceso Autoorganizado Múltiple por División en el Tiempo)** es el principal sistema con el cual funciona el sistema AIS y es la manera más común de transmitir la información. Es utilizado por la mayoría de dispositivos ya que bajo este sistema son capaces de reservar la misma ranura para retransmisiones posteriores (Figura 9). Además, los dispositivos modifican su propia asignación de espacio regularmente para evitar colisiones de datos con nuevos barcos (Marine Traffic<sup>8</sup>). Por otro lado, cuando el sistema detecta una situación de saturación en un área determinada, el dispositivo más cercano puede ocupar las ranuras reservadas por otro que se encuentra más alejado de la zona, esto asegura que los informes de posición de los buques más cercanos (que son más relevantes para la seguridad de la navegación) no se vean afectados (ITUR 2010).

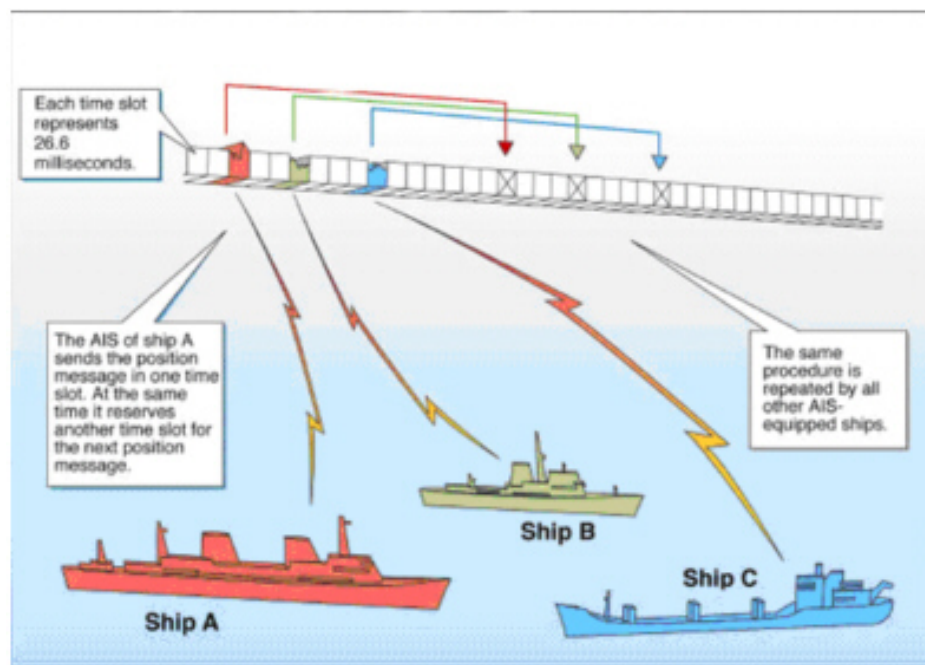


Figura 9: Funcionamiento del sistema STODMA (<https://fi.m.wikipedia.org/wiki/Tiedosto:AIS-USCG-Overview.jpg>).

Los demás sistemas son utilizados o de forma excepcional por todos los dispositivos en algunos momentos de la retransmisión o por ciertos dispositivos en concreto (All About AIS<sup>9</sup>).

- El sistema **RATDMA (Random Access Time Division Multiple Access)** se usa cuando un dispositivo necesita asignar un espacio, que no ha sido anunciado previamente. En este caso, el dispositivo selecciona aleatoriamente una ranura que no está actualmente siendo utilizada por otro dispositivo. El uso de

<sup>8</sup> Marine Traffic: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/232784488-How-do-transmitted-AIS-signals-get-attributed-to-correct-vessels-in-busy-areas->

<sup>9</sup> All About AIS: <http://www.allaboutais.com/index.php/en/>



RATDMA para transmisiones periódicas por parte de muchos dispositivos daría lugar a colisiones de datos significativas y comprometería la integridad del sistema por lo tanto solo se usa en ocasiones concretas como por ejemplo cuando un dispositivo AIS se enciende por primera vez (ITUR 2010).

- **El sistema FATDMA (Fixed Access Time Division Multiple Access)** es un sistema administrado manualmente donde los dispositivos AIS están pre configurados para usar ranuras TDMA específicas para todas las transmisiones, por lo tanto este sistema se usa solo para dispositivos que están fijos como son las estaciones terrestres AIS y los dispositivos de ayuda a la navegación (ITUR 2010).
- **El sistema CSTDMA (Carrier Sense Time Division Multiple Access)**, es el sistema utilizado por los dispositivos AIS Clase B. En este caso los dispositivos monitorean continuamente el nivel de ruido de los canales de radio y rastrean en que momento queda libre una ranura en la cual poder transmitir. Por lo tanto no transmiten de forma periódica sino cuando les es posible (ITUR 2010).
- **El sistema PATDMA / Modified SOTDMA (Modified Self Organised Time Division Multiple Access)** tiene una aplicación específica para balizas de emergencia como los dispositivos de búsqueda y rescate AIS (SART). En este caso el dispositivo selecciona aleatoriamente una ranura para la transmisión por un período de 8 minutos y al comienzo del siguiente periodo de 8 minutos, vuelve a seleccionar aleatoriamente otra ranura diferente. De esta manera las transmisiones se realizan en "ráfagas" de 8 mensajes una vez por minuto desde diferentes ranuras con la intención de asegurar una transmisión exitosa. (IEC 2010)

#### 4.1.2. MARCO LEGISLATIVO

A nivel mundial existen una serie de acuerdos promovidos por Naciones Unidas donde se expone la necesidad de controlar la posición de los buques de pesca.

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM) es el principal cuerpo legislativo que rige el uso internacional de los mares y océanos. En 1995 se firmó un acuerdo sobre la aplicación de las disposiciones de la CNUDM relativas a la conservación y ordenación de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorios (Naciones Unidas, 1995). Dicho acuerdo, detalla el modo en que deben ser ordenadas las poblaciones de peces que cruzan las fronteras de la ZEE, o que migran a través de diferentes ZEEs, con el objetivo de conservar dichas poblaciones mientras se permite la explotación sostenible de las mismas. En el artículo 5j, 5k y 5l se pide a las naciones firmantes la necesidad de conocer la posición de los buques a través del desarrollo de nuevas tecnologías y mejora de los sistemas de seguimiento control y vigilancia. Sin embargo es en el artículo 18 apartado 3 donde se apoya con mayor rotundidad el uso del VMS ya que se requiere expresamente que los estados del pabellón apliquen el VMS como medio para controlar a los buques que enarbolan su bandera. También se define la naturaleza del VMS como elemento compatible con las medidas de ordenación pesqueras acordadas entre los Estados en el ámbito subregional, regional o global.

Por otro lado, el Acuerdo de Cumplimiento de la FAO (FAO, 1995) es un acuerdo para promover el cumplimiento de las medidas internacionales de conservación y ordenación por los buques pesqueros que pescan en alta mar, en su artículo III sobre la responsabilidad del estado del pabellón se incluye el requisito de informar sobre las operaciones de los buques, particularmente con relación al lugar en que realizan las operaciones pesqueras.

El reglamento (EU) No 1380/2013 (Unión Europea, 2013) del parlamento europeo sobre la política pesquera común tiene como uno de sus objetivos garantizar que las actividades pesqueras sean sostenibles a largo plazo por lo que tanto la unión como los gobiernos han desarrollado toda una legislación para el control de dicha actividad. Dentro de este marco legislativo se enmarca la regulación relativa al sistema VMS. Por parte de la Unión Europea el Reglamento (CE) N° 1224/2009 (Unión Europea, 2009 d) del consejo establece un régimen comunitario de control para garantizar el cumplimiento de las normas de la política pesquera común. El texto indica que se deben aprovechar las tecnologías modernas, como el sistema de localización de buques, el sistema de detección de buques y el sistema de identificación automática, porque posibilitan un seguimiento eficaz y la realización rápida de controles. El artículo 9, dictamina que los estados miembros deben tener un sistema de localización de buques por satélite para seguir de manera eficaz las actividades pesqueras de los buques que enarbolan su pabellón o faenen en sus aguas. Además, este dispositivo debe de poder detectar al barco en cualquier parte del mundo, se encuentre donde se encuentre. Con respecto al calendario, el reglamento establece que los pesqueros con una eslora superior a 12 metros e inferior a 15 metros deberán de estar equipados con un VMS a partir del 1 de enero del 2012. No obstante, los estados miembros pueden eximir a los buques con eslora inferior a 15 metros de llevar el sistema en los siguientes casos:

- Faenar exclusivamente en las aguas territoriales del estado miembro del pabellón
- No pasar más de 24 horas en la mar

La norma, sin embargo, deja a los estados la potestad de obligar a cualquier buque pesquero que lleve su pabellón a llevar instalado un sistema de localización de buques.

A nivel nacional, El Ministerio de Medio Ambiente, Pesca y Alimentación es el encargado de regular el sistema de localización de buques pesqueros vía satélite (SLB). Se regulo por primera vez por la Orden ministerial de 12 de noviembre de 1998, modificada por las Órdenes de 7 de junio de 1999 y de 21 de octubre de 1999. Actualmente, la instalación y utilización del sistema de localización de buques está regulado por la Orden APA/3660/2003 (Gobierno de España, 2003). Dicha orden indica que los buques pesqueros españoles están obligados a instalar a bordo un dispositivo de seguimiento por satélite son los siguientes:

- Todos los buques que superen los 15 metros de eslora.
- Buques arrastreros incluidos en los planes de pesca de Ibiza y Alborán, cualquiera que sea su eslora.

- Buques que faenen al amparo de acuerdos de pesca suscritos por la Unión Europea con terceros países, o en aguas internacionales cualquiera que sea su eslora.<sup>7</sup>

Por otro lado, Según el proyecto de orden por el que se regula en España el sistema de localización de buques pesqueros vía satélite, de fecha 08/02/2018 (MAPAMA<sup>10</sup>) que pretende modificar entre otras cuestiones la Orden ARM/3238/2008 (Gobierno de España, 2008 b), establece que las características técnicas que deberán tener los nuevos sistemas VMS son las siguientes:

- El error de precisión permitido en la posición debe de ser inferior a 25 metros RMS (anteriormente 100 metros)
- El error de velocidad permitido debe de ser inferior a 0.5 nudos (anteriormente 1 nudo)
- El tiempo que el que puede transcurrir desde que se enciende el VMS hasta que el detectado por el satélite será de 4 minutos en caso de un encendido en frío, 2 minutos en caso de un encendido después de haberse apagado durante menos de 1 hora y de 1 minuto en caso de un bloqueo o pérdida de enganche.
- El dispositivo debe de ser capaz de transmitir un posición periódica cada 5 minutos (15 minutos anteriormente)
- El mensaje o informe de posición debe de ser recibido por el CCP dentro de los 2 minutos siguientes a la transmisión del mismo.
- El sistema de VMS debe de ser capaz de almacenar una posición cada 10 minutos durante los últimos 6 meses por si el Centro de Control Pesquero considera necesario recuperar la información.

Además, como ya se exigía en la anterior orden, el sistema debe de ser capaz de transmitir la siguiente información

- Identificación del buque
- Posición geográfica (con un margen de error de máximo 100 metros) con rumbo y velocidad
- Fecha y hora
- Entrada y salida en zonas de pesca sujetas a un régimen de esfuerzo
- Entrada y salida en aguas de terceros países
- Entrada y salida en las zonas de regulación de las ORPs
- Eventos relativos a la operatividad del equipo

En el régimen sancionador español sobre pesca marítima que emana de la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado (Gobierno de España, 2014) y se desarrolla en los Reales Decretos 747/2008, de 9 de mayo (Gobierno de España, 2008 a)

---

<sup>10</sup> Proyecto de Orden MAPAMA: <https://www.mapama.gob.es/en/pesca/participacion-publica/localiz-via-satelite.aspx>

y 182/2015, de 13 de marzo (Gobierno de España, 2015 a) se indica que la no emisión de posiciones VMS será considerado una infracción grave. Este tipo de infracción conlleva una multa que puede ir desde 601 euros hasta 60000 euros.

Con respecto al sistema AIS, a nivel internacional es la Organización Marítima Internacional, ente dependiente de Naciones Unidas y dedicado a promover la cooperación entre Estados y la industria de transporte para mejorar la seguridad marítima y para prevenir la contaminación marina, quien se encarga de redactar las recomendaciones que deben de seguir los países sobre este dispositivo. Concretamente dicha organización tiene dos documentos de relevancia en este ámbito: la Resolución A.917 (22) (OMI, 2002) que establece las directrices relativas a la utilización en el buque del sistema de identificación automática (SIA) de a bordo y el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar (OMI, 1974)., particularmente en su capítulo V donde se habla del tema de la seguridad.

La Directiva 2002/59/CE (Unión Europea, 2002) y su modificación a través la Directiva 2009/17/CE (Unión Europea, 2009 b) establecen un sistema comunitario de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo. El artículo 6 regula el uso de los sistemas de identificación automática, indicando que todo buque que haga escala en un puerto de un estado miembro debería de ir equipado con un sistema AIS que tendrá que estar encendido en todo momento. No obstante, en su apartado 6bis dedicado específicamente a la pesca, la directiva puntualiza lo siguiente: “En circunstancias excepcionales, el sistema AIS podrá ser desconectado si el capitán lo considera necesario para la seguridad de su buque”. Esta frase deja una ventana a la decisión subjetiva y arbitraria del capitán ya que le otorga la potestad de decidir cuándo hay una situación que pone en peligro la seguridad del buque lo que puede ser utilizado por este último para no mostrar sus posiciones cuando no le conviene. Finalmente, dicha directiva establece un calendario para la puesta en marcha del sistema AIS. Desde el 30 de noviembre de 2010 los buques pesqueros de nueva construcción y los de eslora superior a 15 metros deben de tener instalado este sistema AIS clase A.

En España, al ser un dispositivo que sirve principalmente para mejorar la seguridad en la mar y regular el tráfico marítimo es el Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de la Marina Mercante quien se encarga de regular el AIS. El Real Decreto 210/2004 (Gobierno de España, 2004). y su posterior modificación aparecida en el Real Decreto 1593/2010 (Gobierno de España, 2010) se establecen un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo en aguas en las que España ejerce soberanía. De esta forma el gobierno español traspone la Directiva 2002/59/CE (Unión Europea, 2002) a nivel nacional

#### **4.1.3. ACCESIBILIDAD E INTERCAMBIO DE DATOS LOS AIS Y VMS**

La accesibilidad de los datos es diferente según la procedencia de los datos (VMS / AIS) y el receptor final de los mismos (terceros países, organismo de investigación científica o personas físicas).

Las Naciones Unidas a través del acuerdo de cumplimiento de la FAO han emitido una serie de recomendaciones sobre la importancia de la cooperación internacional y del intercambio de datos entre países para mejorar tanto en el control y vigilancia de la actividad pesquera como en la obtención de datos con fines científicos.

En este sentido, dichos acuerdos indican que compartir los datos VMS es imprescindible ya que por un lado permitiría a un estado conocer dónde están los barcos que faenan en sus aguas aunque el pabellón sea de un tercer país y por otro lado sería un buen mecanismo para la verificación de los datos de carácter científico y así obtener datos de calidad.

En el Libro Verde de 2006 (Unión Europea, 2006) sobre una nueva política marítima para la Unión, y especialmente en el documento “Hacia la integración de la vigilancia marítima: Entorno común de intercambio de información sobre cuestiones marítimas de la UE”, se indicó la necesidad de una mayor integración de los sistemas de vigilancia marítima. En su Comunicación sobre una política marítima integrada para la Unión Europea, la Comisión Europea se comprometió a avanzar “hacia un sistema más integrado de vigilancia que aúne los sistemas de supervisión y seguimiento existentes utilizados a efectos de la seguridad marítima, la protección del medio ambiente marino, el control de la pesca, el control de las fronteras exteriores y otras actividades dirigidas al cumplimiento de la ley”.

Según el Reglamento de ejecución (UE) nº 404/2011 de 8 de abril (Unión Europea, 2011), los datos VMS son datos de carácter confidencial y deben utilizarse únicamente para el ejercicio de las funciones de vigilancia, control e inspección de la actividad pesquera por personal autorizado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Sin embargo para preservar los recursos pesqueros y su explotación sostenible, el Reglamento (UE) 2017/1004 del Parlamento y del Consejo de 17 de mayo de 2017 (Unión Europea, 2017), establece un marco comunitario para la recopilación, gestión y uso de los datos del sector pesquero y el apoyo al asesoramiento científico, en relación con la Política Pesquera Común. Este Reglamento se complementa con la Decisión de Ejecución (UE) 2016/1251 de la Comisión de 12 de julio de 2016 (Unión Europea, 2016) por la que se adopta un programa plurianual de la Unión para la recopilación, gestión y uso de los datos de los sectores de la pesca y la acuicultura para el periodo 2017-2019. De acuerdo con la legislación vigente, los estados miembros deben recoger datos biológicos, técnicos, ambientales y socioeconómicos del sector pesquero en el marco de un programa nacional plurianual elaborado en consonancia con el programa comunitario. La información que se obtiene de estos programas son los datos básicos necesarios para el asesoramiento científico en la gestión sostenible de los recursos pesqueros. Entre esos datos encontramos la información relativa al posicionamiento de los buques.

Estos datos son transmitidos a usuarios finales con fines de análisis científico y para los debates de formulación de políticas en el marco de la PPC. La Secretaría General de Pesca está designada como coordinador nacional para el intercambio de información entre la Comisión, usuarios finales y las Unidades implicadas a nivel nacional en la recopilación de los datos: (además de la propia SGP, la Secretaría General de Estadísticas del MAPAMA y los Institutos Científicos de Investigación, Instituto Español de Oceanografía, AZTI y el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo).

Por otro lado a nivel de control e inspección, el Reglamento (CE) nº 1224/2009 (Unión Europea, 2009 d) del consejo de 20 de noviembre de 2009 en el artículo 9 obliga a los Estados miembros a comunicar los datos del sistema de localización de un barco de su pabellón cuando este se encuentre en aguas de otro Estado miembro. Esta norma

también se aplica cuando el barco se encuentra en aguas internacionales donde existe una Organización Regional de Pesca.

Sin embargo, a nivel operativo, el principal problema del sistema VMS es el elevado coste de la transmisión de datos vía Satélite por lo que estos se suelen solicitar con una frecuencia no muy elevada (normalmente de una posición cada dos horas), aunque esta frecuencia se puede aumentar a solicitud del centro de control, particularmente si se considera que existe riesgo de infracción o se sospecha que se ha producido pesca ilegal.

Los datos AIS son datos transmitidos por frecuencias de radio VHF por lo tanto cualquier persona que tenga un receptor de esas frecuencias puede tener acceso a la información de forma gratuita. Los datos también se pueden recibir vía satélite. Algunas empresas se dedican a almacenar, registrar y comercializar estos datos.

A nivel europeo, a través de la Directiva 2009/17/CE (Unión Europea, 2009 b) del parlamento y el consejo se ha creado el sistema SafeSeaNet que permite la recepción, almacenamiento, recuperación e intercambio de información entre los Estados miembros y la comisión en pro de la seguridad marítima, protección portuaria y del medio marino y la eficacia del tráfico y el transporte marino. Este sistema se compone de una red de sistemas nacionales y otro central que actúa de punto nodal.

El sistema utiliza una red segura para transmitir la información que incluye autenticación del usuario, validación por parte de la autoridad competente, transformación de los datos y registro. Los usuarios aprobados pueden proporcionar y/o solicitar datos (Figura 10).

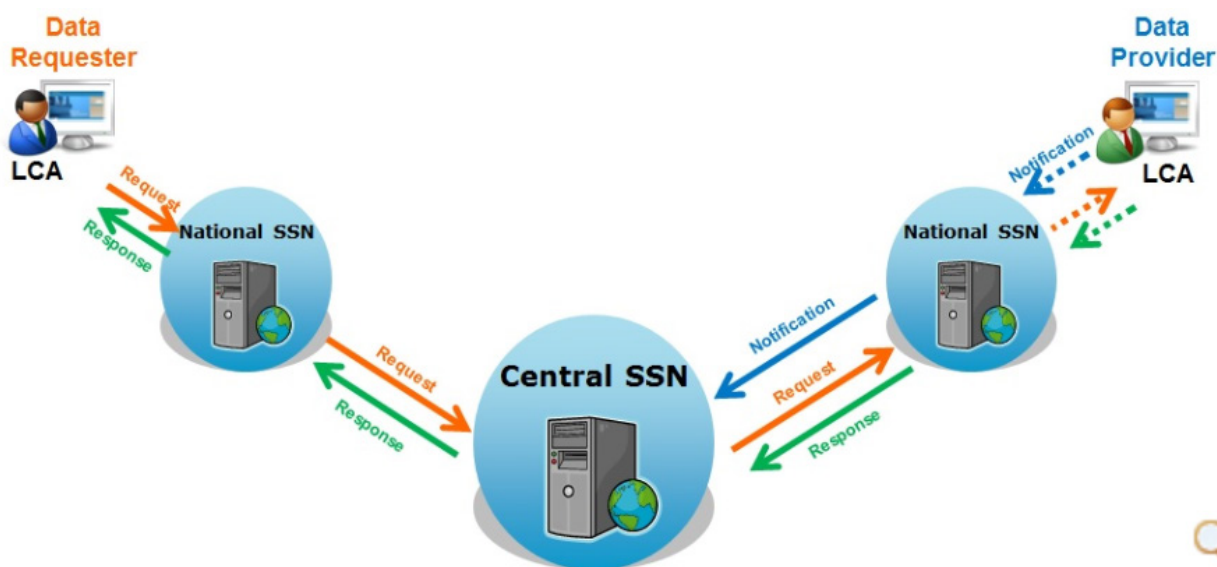


Figura 10: Esquema del intercambio de información del sistema SafeSeaNet (Soltow 2017).

La Orden FOM/2380/2015, de 6 de noviembre (Gobierno de España, 2015 b), por la que se sustituye el anexo III del Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, introduce el sistema SafeSeaNet en la legislación española. En dicha orden se especifica

que la autoridad nacional competente (ANC) y es el Ministerio de Fomento a través de Puertos del Estado.

La información que almacena el sistema es la siguiente (Soltow 2017):

- Datos AIS
- Histórico de posiciones de los buques
- Detalles de los productos peligrosos transportados a bordo
- Información sobre incidentes de seguridad o contaminación que afectan a los buques
- Detalles de los residuos transportados y que deben de ser descargados en puerto
- Información relacionada con la seguridad del envío
- Información sobre la posición de los petroleros monocasco
- Información sobre la ubicación de los buques que han sido vetados en los puertos de la UE
- Capas de mapas digitales

Aunque de toda la información almacenada por SafeSeaNet, la única que puede interesar al estudio de pesquerías, aparte del histórico de posiciones de los buques, es la lista de buques vetados en los puertos de la UE, para temas relacionados de pesca IUU, las previsiones de SafeSeaNet, es la de convertirse en una gran base de datos y almacenar cada vez más información y de diferente índole, lo que provocará un aumento de los potenciales beneficiarios del sistema. Existe incluso un proyecto piloto para añadir a esta base de datos, los datos del sistema VMS (EMSA<sup>11</sup>).

#### 4.1.4. OTROS SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN.

##### 4.1.4.1. *Sistemas de posicionamiento a nivel autonómico*

En Andalucía se ha establecido el Sistema de Localización y Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras Andaluzas (SLSEPA) que permite el seguimiento en tiempo real de los buques pesqueros con puerto base en Andalucía. Su funcionamiento se basa en la transmisión de datos obtenidos de los satélites GPS a través de la red GPRS, con una frecuencia media de tres minutos configurables según necesidades (Del Olmo 2014). El sistema se desarrolló inicialmente para algunas flotas artesanales con esloras menores de 15 m pero se ha ido extendiendo hasta cubrir toda la flota con puertos base en Andalucía.

El Sistema de Localización y Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras Andaluzas (SLSEPA) está formado por los siguientes elementos:

---

<sup>11</sup> EMSA: <http://www.emsa.europa.eu/ssn-main/items.html?cid=113&id=1326>



- **Estaciones Remotas Embarcadas (ERE):** dispositivos instalados a bordo de las embarcaciones que transmiten periódicamente su posición (cajas verdes).
- **Centro de Recepción de mensajes (CR):** es el subsistema encargado de mantenimiento y gestión de las comunicaciones entre las EREs y el resto de elementos del sistema.
- **Centros de Alarmas de Auxilio (CAA):** se encargan de la recepción y gestión de las alarmas asociadas al pulsador de auxilio que lleva incorporada la ERE.
- **Centro de Control (CC):** es el subsistema donde se centraliza la información. Con él se realiza la configuración de las EREs; así como, la monitorización de las localizaciones para su estudio y explotación.
- **Cliente Ligero (CL):** aplicaciones equivalentes al visor de localizaciones y a los listados de alarmas del Centro de Control, pero integradas en un servidor de aplicaciones WEB.

En la comunidad de Murcia, el 70 por ciento de la flota pesquera, no se encuentra obligada a tener el sistema VMS debido a sus peculiares características. Por lo tanto, mediante el Decreto nº 32/2016, de 4 de mayo (Gobierno de la Región de Murcia, 2016), se implantó un sistema de localización y seguimiento de embarcaciones pesqueras llamado TETRAPES. Este sistema está destinado a las embarcaciones inscritas en el Censo de Flota Pesquera Operativa en la modalidad de artes menores, con una eslora inferior a 15 metros y con puerto base en la Región de Murcia o que faenen habitualmente dentro de las aguas interiores de esa comunidad autónoma (es decir barcos que durante dos años consecutivos dispongan de un mínimo de 100 hojas de venta en sus puertos).

Los datos que debe de almacenar el sistema son: identificación del buque, posición geográfica, rumbo y velocidad, así como fecha y hora de la posición geográfica. La encargada de gestionar la información procedente de los dispositivos es la Dirección General de Agricultura, Ganadería, pesca y Acuicultura a través del Servicio de Pesca y Acuicultura de la Comunidad Autónoma Región de Murcia.

En el País Vasco, en el marco del proyecto BATEGUIN; cuyo objetivo era la gestión y ordenación de la actividad pesquera costera y el caladero nacional hasta el límite de las 12 millas a través del monitoreo de la flota artesanal; se lanzó una campaña de adhesión voluntaria para la instalación de un sistema AIS tipo b, llegando a una cobertura del 59% de la flota objetivo (Arteche, 2014; Aranzazu Murillas et al, 2013). Paralelamente se desarrolló un visor de datos AIS de la flota artesanal para poder consultar y visualizar toda la información sobre la pesca artesanal recopilada y generada por el proyecto. La dirección web del visor es la siguiente: [www.serviciosgis.com/i5d/visor/BATEGUIN](http://www.serviciosgis.com/i5d/visor/BATEGUIN) (Aranzazu Murillas et al., 2013).

#### *4.1.4.2. Sistema LRIT*

El 19 de mayo de 2006, la Organización Marítima Internacional (OMI) adoptó las Resoluciones MSC 202 (81) (OMI, 2016) y MSC 211 (81) (OMI, 2006) por el que se modifica el convenio SOLAS y se establece un Sistema de Identificación y Seguimiento de Largo Alcance (LRIT). Aunque este sistema es complementario con el sistema AIS, el sistema AIS está más enfocado a prevenir abordajes entre buques



mientras que el sistema LRIT es un sistema mas de seguridad y proteccion contra el terrorismo y la pirateria.

El sistema LRIT consta de (figura 11):

- **Equipo de a bordo:** Este sistema debe de ser capaz de ser configurado remotamente para transmitir informacion a intervalos variables, transmitir informacion al recibir una peticion epecifica desde tierra y estar interconectado con un receptor global externo de satelites de navegacion o tener capacidad de posicionamiento interno.
- **Proveedores de Servicios de Comunicación (CSP):** proporcionan la infraestructura y los servicios de comunicación para asegurar la transferencia segura de extremo a extremo del mensaje LRIT entre el buque y los Proveedores de Servicios de Aplicaciones (ASP).
- **Proveedores de Servicios de Aplicación (ASP):** proporcionan una interfaz XML de protocolo de comunicación y agregan información al mensaje entre los CSP y el Centro de Datos (DC). Los datos que agrega el CSP son: el nombre del barco, tiempo en el que el ASP recibe y envia la informacion y el identificador de DC LRIT.
- **Centro de Datos Cooperativo (CDC):** Este centro de la UE recoge y agrega datos complementarios y luego los distribuye a los Gobiernos Contratantes de acuerdo con los derechos de acceso y las normas establecidas en el Plan de Distribucion de Datos (DPP). A traves del sistema de Intercambio Internacional de Datos se comparte la informacion del centro de datos de la union europea con el resto de centros mundiales (IDE).

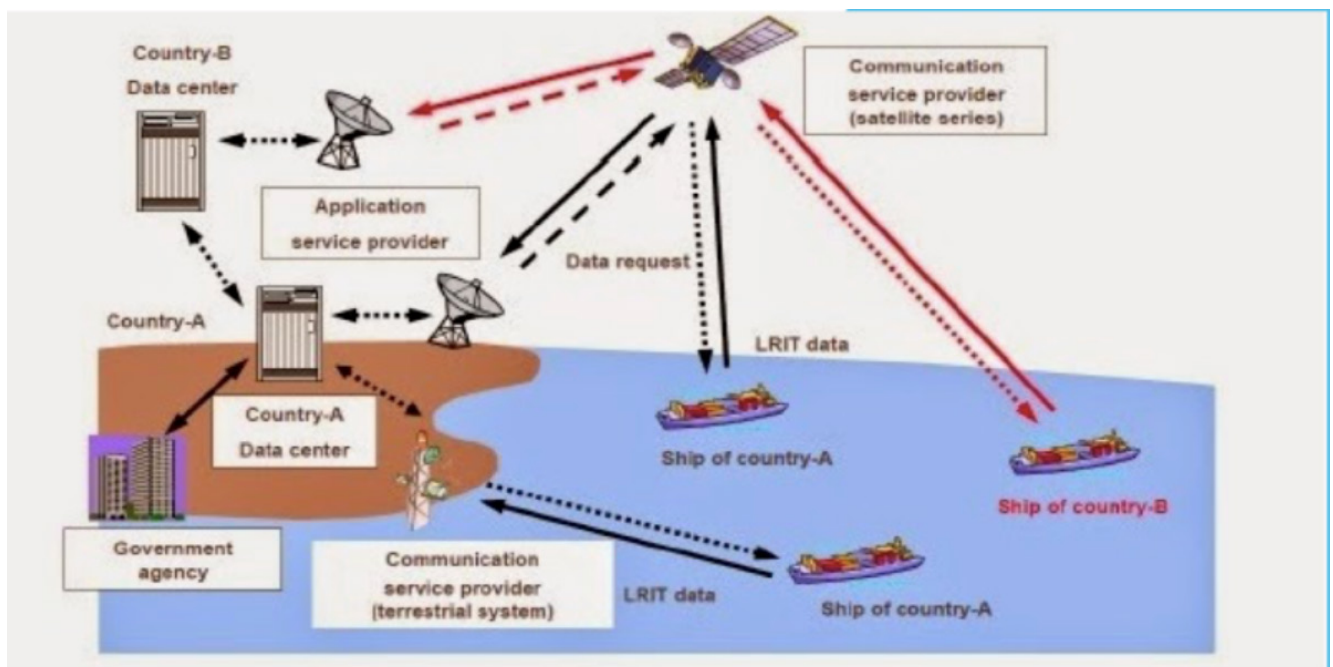


Figura 11: Esquema de funcionamiento del sistema LRIT (<https://marygerencia.com/2017/07/23/sistema-de-identificacion-y-seguimiento-de-largo-alcance-de-los-buques-lrit/>).

Los buques deben comunicar su informacion LRIT automaticamente a un sistema especial de recopilacion, almacenamiento y distribucion de datos en tierra al menos 4 veces al dia (mas o menos cada 6 horas). La informacion que debe suministrar el sistema se limita a:

- Identidad del buque
- Localizacion (Latitud y Longitud)
- Fecha y hora de transmisión.

Los buques obligados a llevar un sistema LRIT son:

- Buques de pasaje
- Embarcaciones de Alta velocidad
- Unidades moviles de perforacion
- Buques de carga de 300 toneladas excepto los que operen dentro del area A1 del SMSSM y esten equipados con un Sistema de Identificacion Automatica (AIS).

Por lo tanto, aunque sea un sistema eficaz de localizacion de buques, este sistema no se usa en la actualidad en buques de pesca.

#### *4.1.4.3. Sistema AIS Satelital (S-AIS)*

El AIS satelital consigue la localización de buques mediante un receptor situado en un satélite de órbita baja que capta las señales emitidas por transpondedores AIS terrestres. Actualmente este sistema está siendo desarrollado por diversos países, pero cabe destacar dos empresas pioneras en la implementacion de este sistema por un lado la empresa ORBCOMM y por otro lado, la empresa española Hisdesat a traves de un consorcio llamado ExactEarth (figura 12).

Esta variante del sistema AIS no esta pensado para evitar las colisiones entre buques si no para recibir datos de buques que están en alta mar y las unidades de tierra no pueden monintorizar. Por lo tanto el S-AIS ofrece una cobertura mundial del sistema aunque estos datos no son de acceso libre.

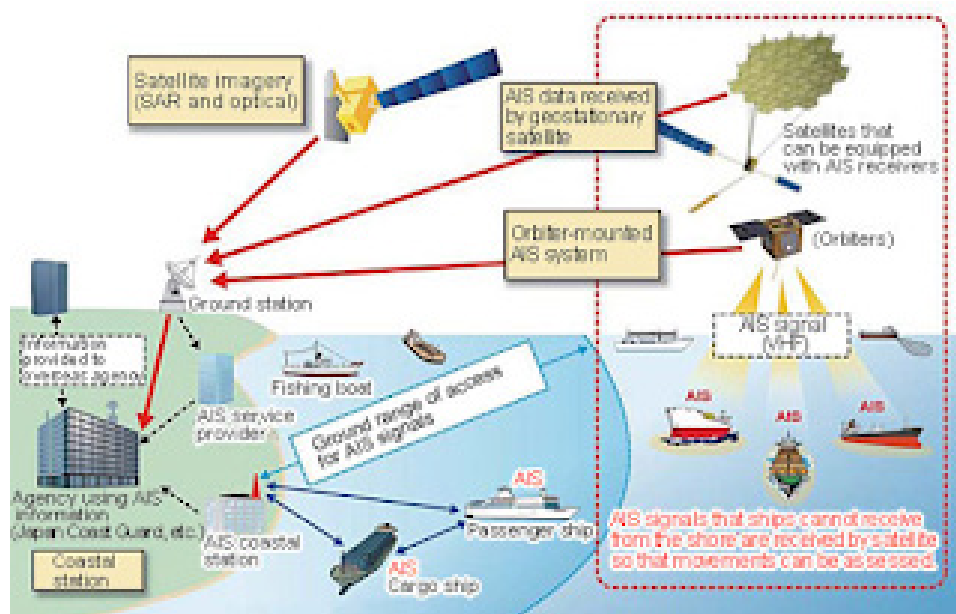


Figura 12: Esquema del sistema AIS satelital (<http://www.satelital-movil.com/2015/09/crece-cantidad-de-satelites-para.html>).

La red ORBCOMM ofrece servicios de localización y mensajería bidireccional con cobertura mundial, utiliza 16 satélites propios a parte de utilizar redes de satélites y tecnología de terceros, como la del sistema INMARSAT llamado Idessat Data Pro. Estos satélites están en constante movimiento alrededor de la Tierra, lo que minimiza los problemas de línea de visión y brinda una cobertura global continua. Además, a parte de los satélites propios, ORBCOMM tiene una infraestructura terrestre compuesta por 16 estaciones en 13 países y un Centro de Control de Red que sirve como punto focal para la gestión de la constelación de satélites y asegura la entrega fiable de los mensajes (Exactearth<sup>12</sup>).

El consorcio ExactEarth utiliza los satélites Aprezisa para sus operaciones. Este sistema está compuesto por una constelación de 9 satélites, un centro de operaciones de red que controla la red satelital global, un nodo de satélite regional que envía comandos a los satélites y recibe datos y finalmente un centro de datos que recopila, organiza, almacena y distribuye datos a los clientes (ORBCOMM<sup>13</sup>):

Según ExactEarth (2012), actualmente hay dos metodologías en uso para la detección de señales AIS desde el espacio .

- **El procesamiento a bordo (OBP)**, emplea receptores especializados que, aunque son mucho más sensibles, funcionan básicamente igual que los receptores AIS terrestres. Este sistema no requiere un procesamiento especial y es efectivo en áreas de muy baja densidad, como en medio del Océano Pacífico.

<sup>12</sup> EXACTEARTH: [https://cdn2.hubspot.net/hub/183611/file-510655411-pdf/Collateral for Download/Rebranded Collateral/exactView.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hub/183611/file-510655411-pdf/Collateral%20for%20Download/Rebranded%20Collateral/exactView.pdf)

<sup>13</sup> ORBCOMM: <https://www.orbcomm.com/es/networks/satellite/orbcomm-og2>

Sin embargo, la probabilidad de detección es significativamente menor en áreas donde existe una densidad que se aproxima a 1000 barcos y en zonas de tráfico muy denso (más de 2500 barcos), es poco probable que la imagen marítima completa se consiga.

- **El proceso de decolisión de espectro (SDP)** emplea receptores capaces de detectar y digitalizar el espectro de radio frecuencia para los canales AIS y luego procesar los archivos para controlar el ruido y desagregar el tráfico para reconstruir los mensajes colisionados a través algoritmos de software altamente especializados. Con SDP, la detección del primer pase es alta incluso dentro de las áreas de mayor densidad de barcos, lo que permite alcanzar rápidamente el conocimiento del dominio marítimo.

#### 4.2. ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA FLOTA DE ARRASTRE DEL GOLFO DE ALICANTE.

Como se ve en la figura 13, durante el año 2015 se registraron 259401 pulsos de AIS (43% del total de pulsos emitidos por ambos sistemas) de los cuales 138325 han correspondido a pulsos de arrastre (53% de los pulsos VMS totales). Por otro lado, se registraron 349685 pulsos de VMS (57% del total de pulsos emitidos por ambos sistemas) de las cuales solo 124952 han sido pulsos de arrastre (47% de los pulsos AIS totales).

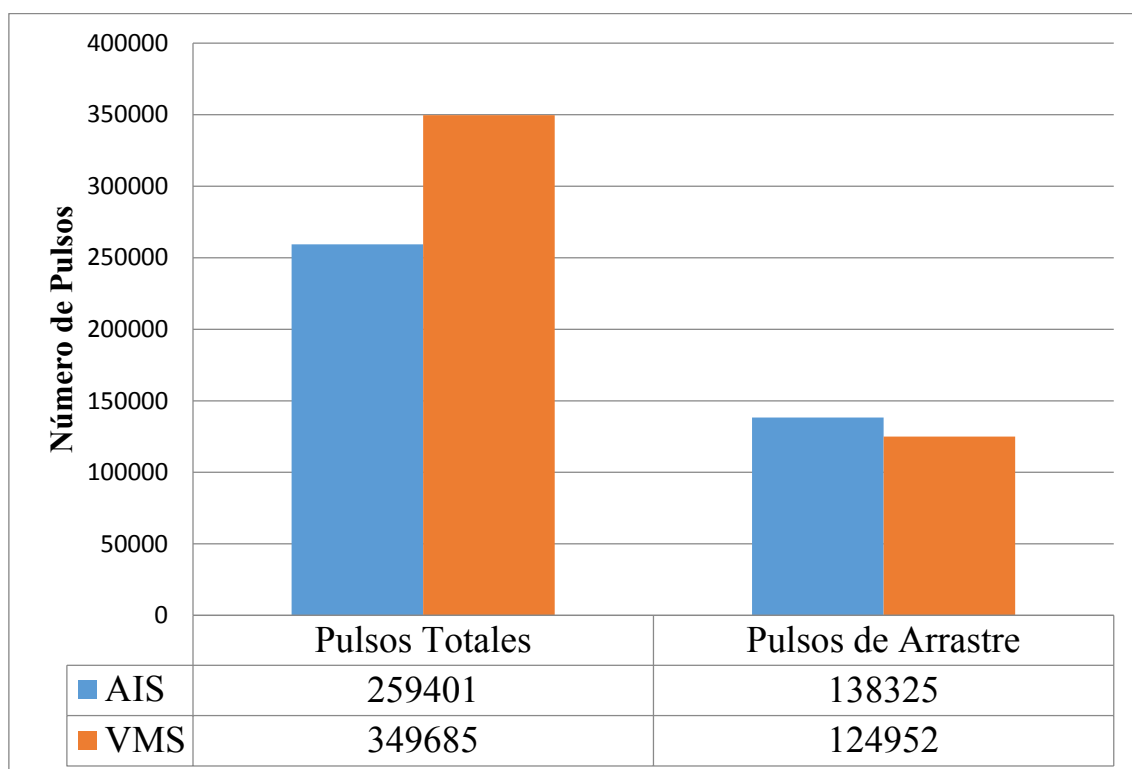


Figura 43: Pulsos totales.

Si se desglosa el número de pulsos por puerto (figura 14), se observa que el puerto cuyos buques son captados más frecuentemente por la antena AIS son con diferencia los buques del puerto de Villajoyosa, con una media de 4625 pulsos de arrastre por barco seguidos de Santa Pola (1134 pulsos de arrastre), Altea (982 pulsos de arrastre), Calpe (415 pulsos de arrastre), Jávea (97 pulsos de arrastre) y Denia (91 pulsos de arrastre). En cuanto al número de pulsos VMS por barco las diferencias entre puertos son mucho menos acentuadas y se sitúan en torno a los 1000 pulsos de arrastre por barco en cada puerto.

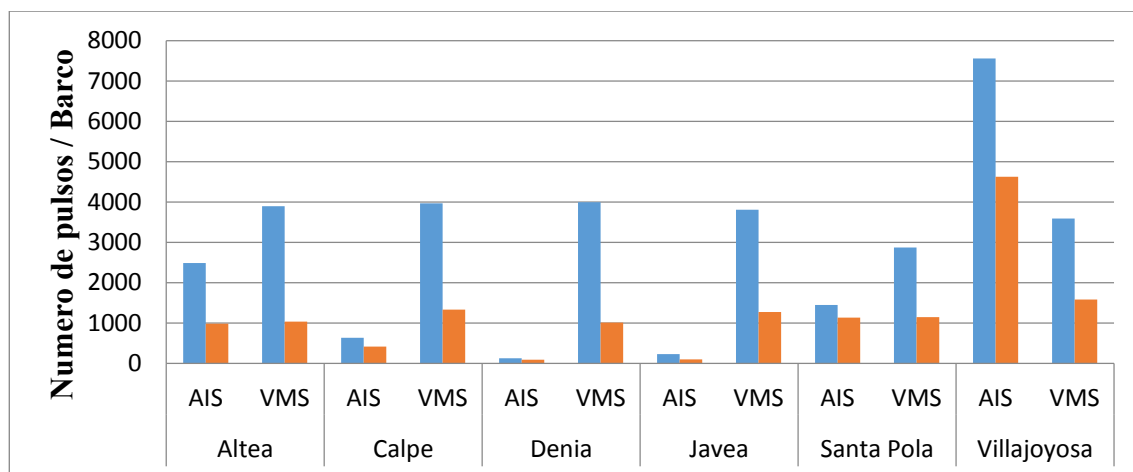


Figura 54: Pulsos totales por barco y puerto. En azul los pulsos totales y en naranja los pulsos de arrastre.

Por otro lado, esta cobertura no es igual a lo largo de todo el año. En la tabla 7 vemos que la antena recibe pulsos a más de 200 km de distancia durante los meses de Mayo, Julio, Agosto y Septiembre, siendo el mes de Agosto el mes con mejor cobertura llegando a recibir pulsos a 223 km de distancia. Mientras que en los meses de Enero y Febrero la distancia máxima de recepción es de tan solo 88 y 86 km respectivamente.

Tabla 7: Distancia del pulso más lejano a la antena según el mes.

MES	DISTANCIA (Km)
Enero	88
Febrero	86
Marzo	119
Abril	141
Mayo	208
Junio	190
Julio	218
Agosto	223

<b>Septiembre</b>	218
<b>Octubre</b>	192
<b>Noviembre</b>	110
<b>Diciembre</b>	109

Con los datos VMS se observa que no existe una tendencia en el número de datos recibidos en función de la distancia, mientras que para los datos AIS se ha detectado un sesgo de los datos AIS en función de la distancia del barco a la antena, (figura 15). Se observa una buena cobertura dentro de los primeros 25 km desde la antena AIS pero que a partir de ahí el número de pulsos disminuye de manera significativa..

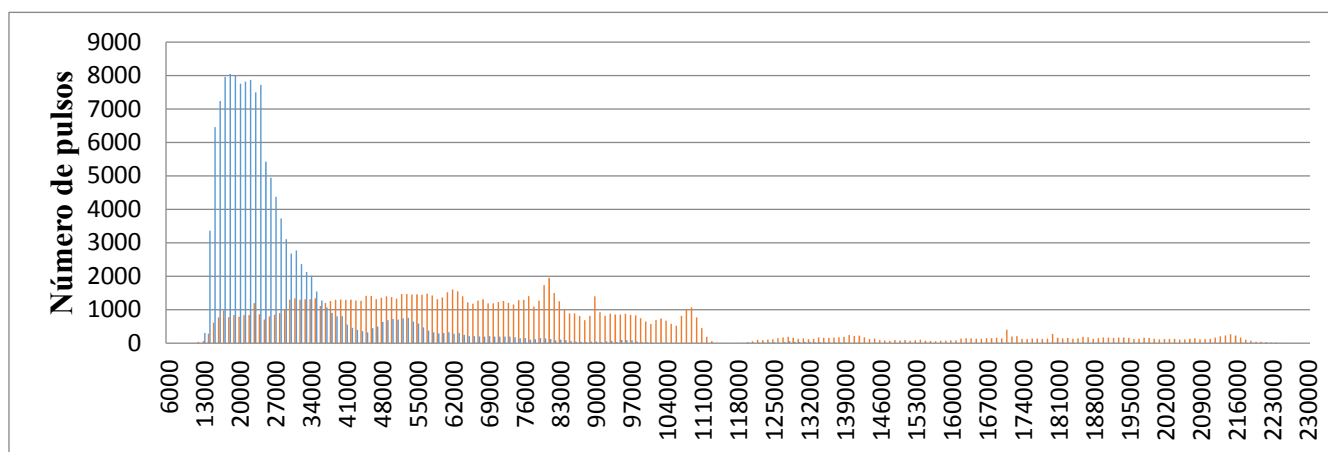


Figura 15: Suma de Pulsos de arrastre totales en función de la distancia a la antena en metros. En azul los pulsos AIS y en naranja los pulsos VMS.

Para evitar el sesgo provocado por la distancia a la antena, se filtraron los datos que estaban dentro del radio de 25 km desde la antena (figura 16) quedándonos con 39410 pulsos VMS (11.27% de los pulsos VMS totales) de los cuales 9640 corresponden a pulsos de arrastre (24.46 % de los pulsos VMS totales dentro de los 25 km) y con 107968 pulsos AIS (41.62% de los pulsos AIS totales) de los cuales 85506 corresponden a pulsos AIS de arrastre (79.20 % de los pulsos totales de AIS dentro de los 25 km).

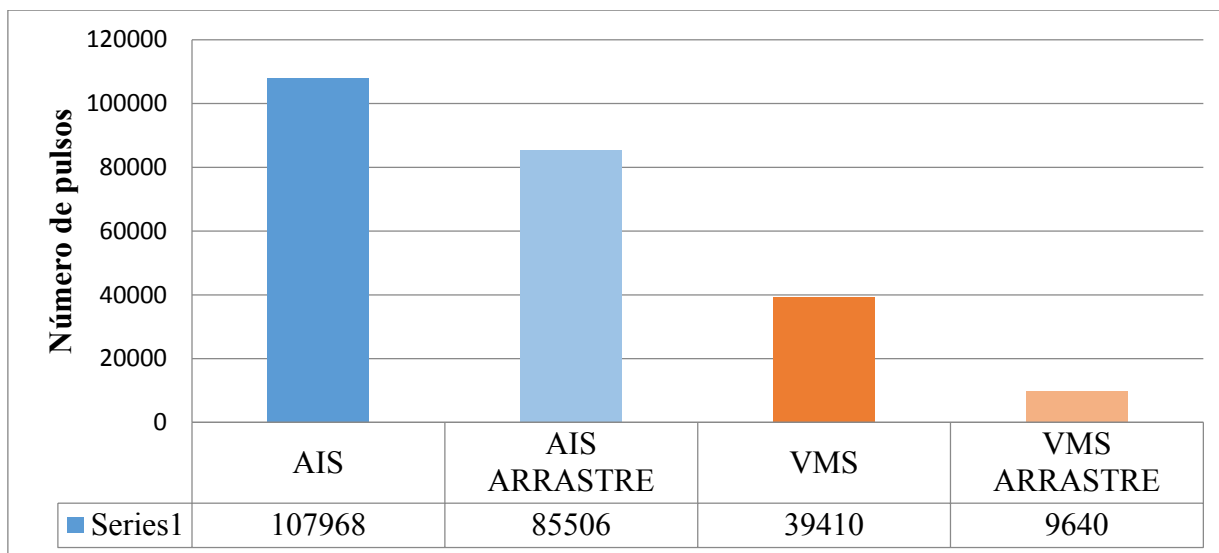


Figura 66: Número de Pulsos dentro de los 25 km alrededor de la antena AIS.

Con este filtrado, se detectaron pulsos VMS de 58 barcos, la mitad de los barcos de arrastre existentes en el área de estudio de los cuales solo 53 barcos emitieron con AIS. En la figura 15, se observa que la antena recibió una media de 51 pulsos de arrastre de AIS por barco y día y 1 pulso de arrastre VMS por barco y día. En cuanto al error asociado a los pulsos de AIS es mucho mayor que el error de los pulsos VMS, lo que indica que existe una gran variabilidad en el número de pulsos AIS según el barco.

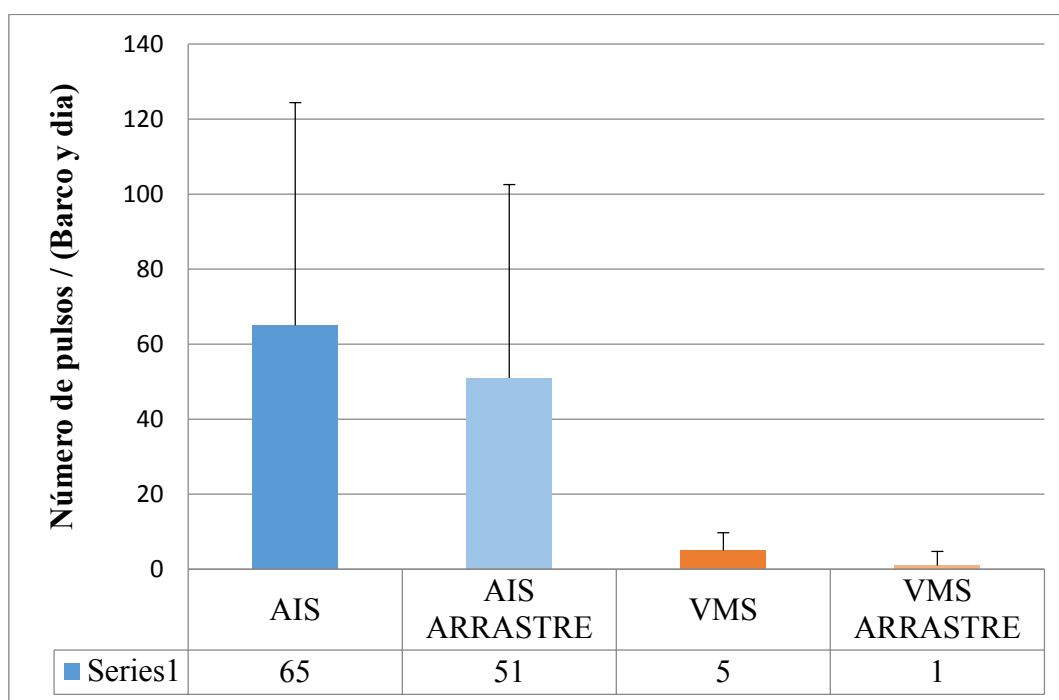


Figura 77: Promedio de los pulsos emitidos por barco y día dentro de los 25 km desde la Antena AIS.

En efecto si observamos las figuras 18 y 19, aunque los pulsos VMS son mucho menores que los de AIS, la gran mayoría de los barcos emiten con este dispositivo y, contrariamente a lo que se podría pensar, no todos los barcos emiten un número de pulsos diario similar oscilando entre 1 pulso diario los que menos y 19 el buque que más pulsos emitió. Los pulsos de arrastre, con el sistema VMS, oscilan entre 0 y 17 pulsos diarios por barco. En cuanto al sistema AIS, los pulsos totales recibidos por la antena de la Universidad oscilan entre 0 y 111 pulsos diarios por barco y los pulsos de arrastre oscilan entre 0 y 95 pulsos diarios por barco, por lo que la variabilidad de los datos recibidos por la antena es mayor con muchos datos de ciertos barcos y ninguno de otros.

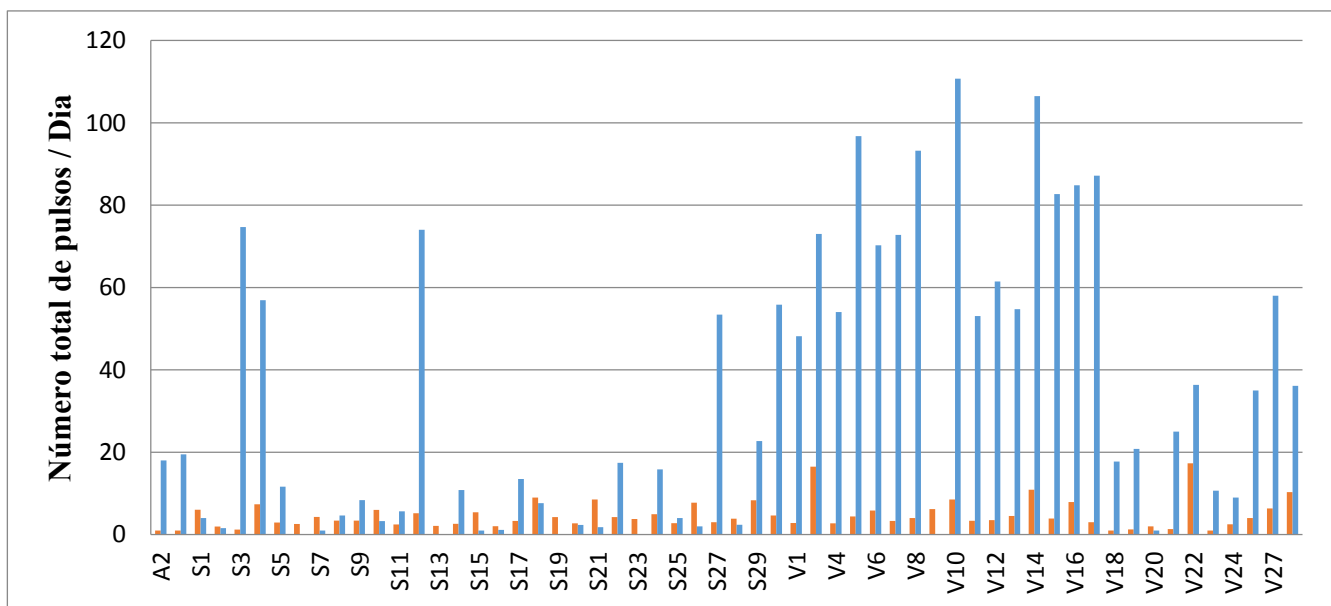


Figura 88: Número de Pulsos totales / Día por barco dentro de los 25 km desde la Antena AIS. En azul los pulsos AIS totales y en naranja los pulsos VMS totales.



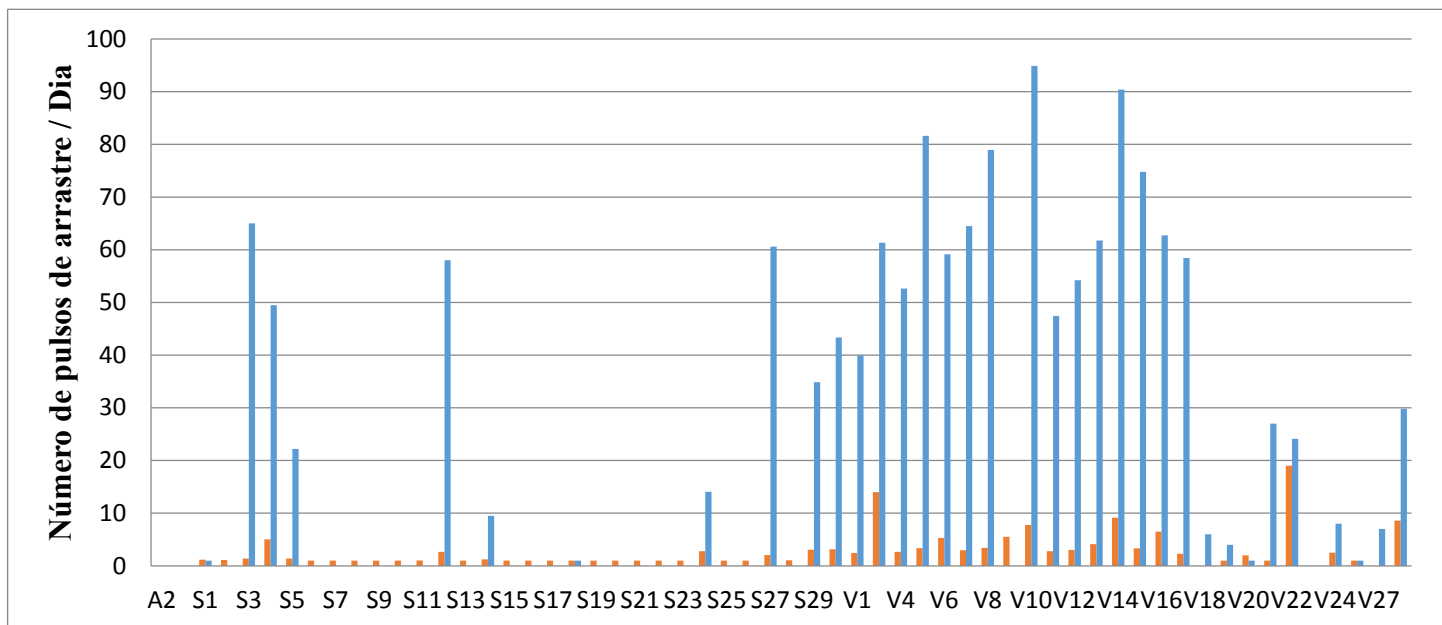


Figura 99: Número de Pulsos de arrastre / Día por barco dentro de los 25 km desde la Antena AIS En azul los pulsos AIS de arrastre y en naranja los pulsos VMS de arrastre.

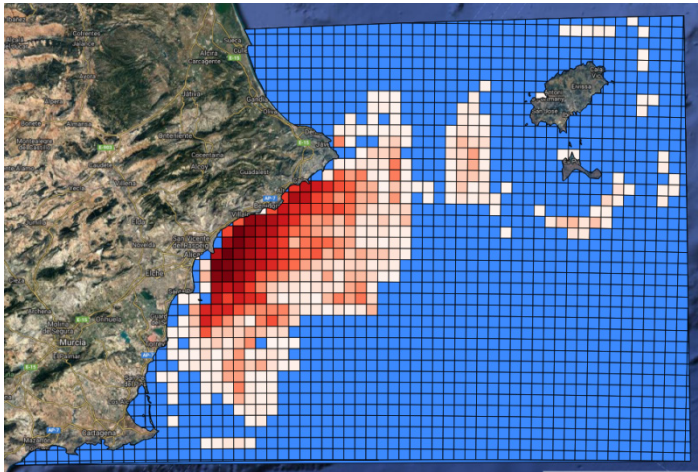
En cuanto a la frecuencia de recepción de datos (tabla 8), observamos que la frecuencia del sistema AIS es mucho menor que con el sistema VMS. Dentro de toda el área de estudio la media de emisión entre dos datos VMS para un mismo barco es de 1h 26min 46s mientras que para el sistema AIS es de 27 min 53s. Sin embargo dentro de los 25 km esa diferencia entre sistemas es todavía mayor. Para el sistema AIS la frecuencia de recepción baja a los 5min 24s mientras que para el VMS la frecuencia no varía prácticamente quedándose en 1h 14min 04s.

Tabla 8: Frecuencia de emisión de los Sistemas AIS y VMS para diferentes barcos.

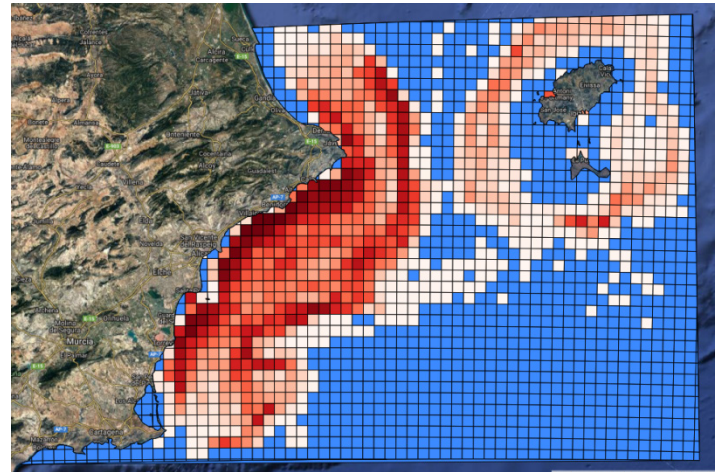
ID	VMS	AIS
S1	0:51:09	0:06:00
S2	0:17:18	
S3	1:22:43	0:03:58
S4	0:57:58	0:04:26
S5	1:25:21	0:04:34
S6	0:49:55	
S7	0:14:51	
S8	1:07:37	
S9	1:47:09	
S10	1:44:52	
S11	1:08:25	
S12	1:55:49	0:05:15
S13	0:56:53	

S14	1:08:24	0:06:31
S15	1:04:00	
S16	1:04:00	
S17	0:25:07	
S18	1:41:00	
S19	1:27:15	
S20	0:17:30	
S21	0:51:26	
S22	1:11:30	
S23	1:37:55	
S24	1:28:16	0:11:22
S25	0:02:00	
S26	1:40:30	
S27	1:38:22	0:04:08
S28	0:35:46	
S29	2:00:12	0:07:10
S30	1:40:41	0:06:51
V1	1:36:14	0:04:54
V2	0:20:01	0:05:39
V4	1:57:43	0:04:44
V5	1:36:08	0:03:50
V6	0:59:10	0:03:41
V7	1:36:19	0:04:26
V8	1:37:14	0:03:56
V9	1:06:09	
V10	0:47:17	0:03:36
V11	1:43:55	0:04:47
V12	1:23:58	0:04:10
V13	1:31:57	0:04:48
V14	0:46:46	0:04:08
V15	1:37:08	0:03:41
V16	0:44:03	0:03:58
V17	1:16:11	0:02:34
V19	2:00:00	0:11:48
V20	1:55:30	
V21	1:56:00	0:02:24
V22	0:17:04	0:12:04
V24	1:55:12	0:13:38
V26	1:22:00	0:02:32
V3	0:46:03	0:06:22
V27		0:03:46
V18		0:02:37
<b>TOTAL</b>	<b>1:14:04</b>	<b>0:05:24</b>

En cuanto a la distribución espacial, en la zona de estudio completa se vuelve a observar la existencia de un sesgo importante con los datos de AIS (Figura 20) puesto que la densidad de posiciones observadas disminuye con la distancia a la antena. Si nos centramos en la zona de los 25 km más cercanos a la antena AIS, donde la cobertura es buena, se observa que, aunque haya más cantidad de datos AIS que VMS y que estos datos no se distribuyan homogéneamente entre los buques, la huella pesquera no parece variar. También se aprecia que el sistema AIS refleja una imagen mucho más detallada de la distribución de los barcos (Figura 21).



(a)



(b)

Figura 20: Distribución de los pulsos de arrastre: (a) Sistema AIS (b) Sistema VMS.

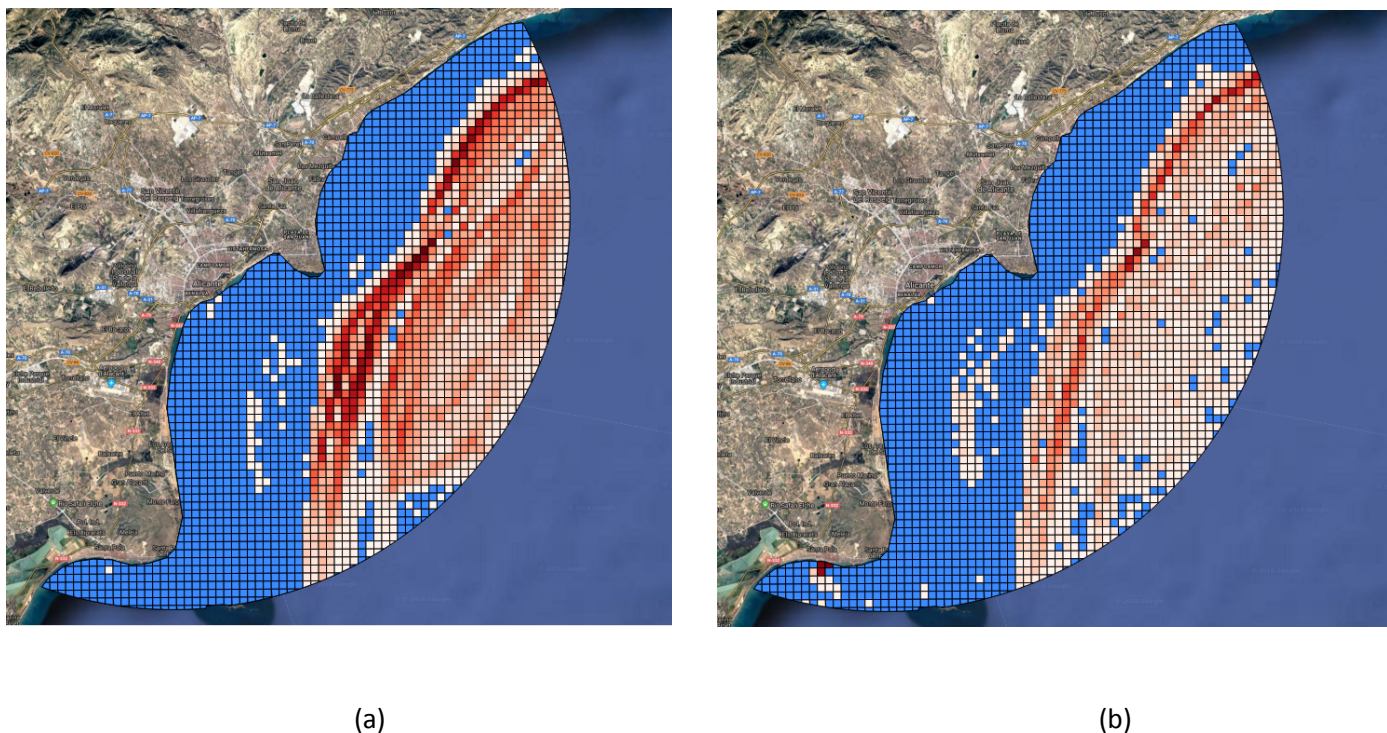


Figura 21: Distribución de los pulsos de arrastre dentro de los 25 km desde la Antena AIS: (a) Sistema AIS (b) Sistema VMS.

También, se ha estudiado como varia la huella pesquera a lo largo del año. Se observa que durante todo el año la flota opera más o menos en la misma zona, detectándose dos focos principales de arrastre. El primer foco está cercano a la isobata de 50 metros, donde faenan los barcos cuyas especies objetivo son principalmente especies demersales que viven en la plataforma, y el segundo foco está en el talud donde operan los buques dedicados a la pesca de especies de gran profundidad principalmente la Gamba roja (*Aristeus antennatus*), que es una especie de alto valor económico y muy apreciada. Existe también una tercera zona con presencia de la flota arrastrera alrededor de la isla de Ibiza, pero la intensidad de los pulsos detectados en esa zona es muy baja en comparación con las otras dos zonas. Entre las dos zonas principales de pesca los buques se van moviendo según la época del año. No obstante, estos movimientos no tienen un patrón estacional, por ejemplo en los meses de Febrero (Figura 26) y Abril (Figura 25) se distinguen bien las dos zonas comentadas anteriormente ya que la flota trabaja o bien muy cerca de los 50 metros o bien en la zona del cantil. En el resto de meses vemos que la flota se desplaza más entre las dos zonas, los meses de Marzo (Figura 23), Junio (Figura 28) y Septiembre (Figura 29) son los meses donde los barcos tienen más movilidad y faenan en toda la plataforma continental. Cabe destacar la presencia en el mes de Mayo (figura 27) de barcos navegando a velocidades de arrastre entre la zona sur de la isla de Ibiza y la zona de Murcia, fuera de la zona de pesca. Esta ruta que marcan los pulsos VMS durante ese mes puede ser debida a que en esa fecha algunos arrastreros trabajan como remolcadores para remolcar las jaulas de atún rojo desde la zona donde son capturados al sur de Baleares hasta las zonas de engorde situadas en San Pedro del Pinatar y Cartagena.



## INVIERNO

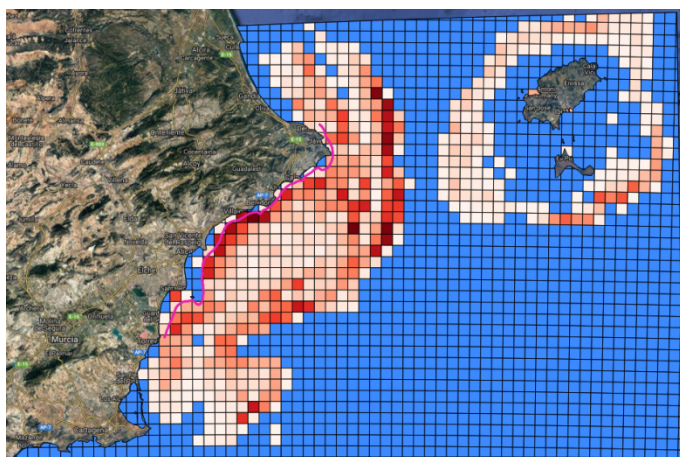


Figura 112: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Diciembre.

## PRIMAVERA

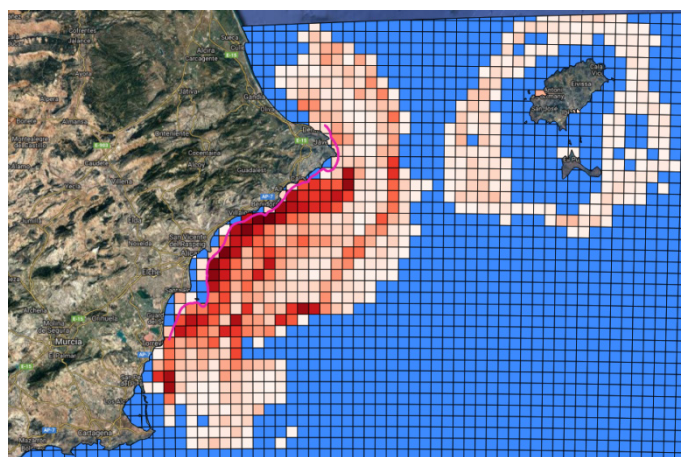


Figura 103: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Marzo.

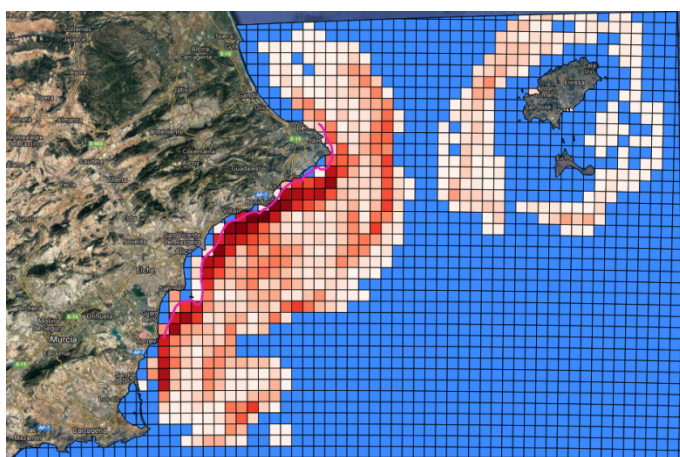


Figura 134: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Enero.

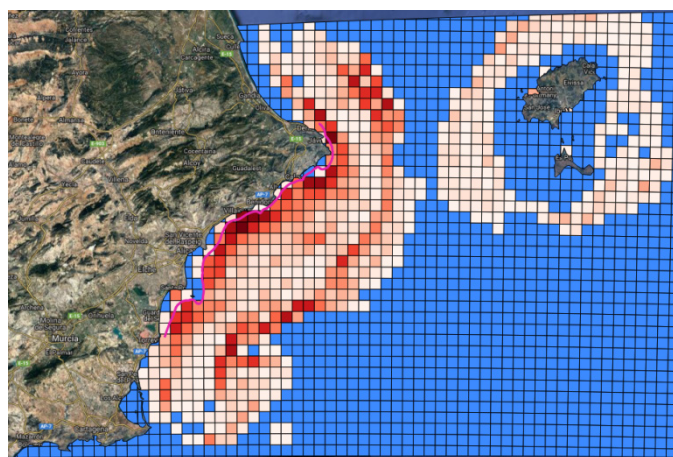


Figura 125: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Abril.

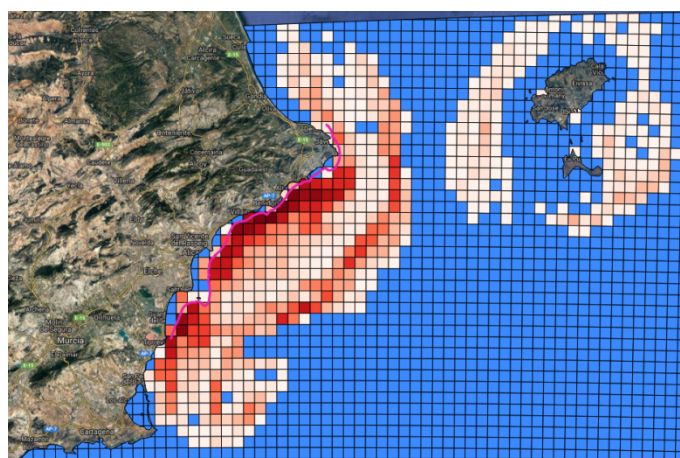


Figura 156: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Febrero.

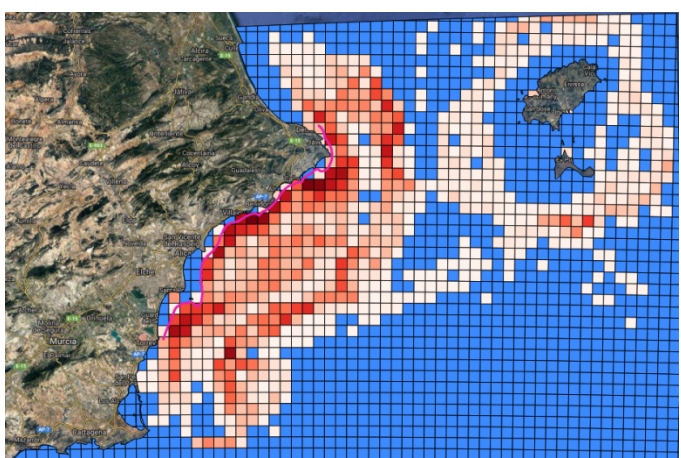


Figura 147: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Mayo.



## VERANO

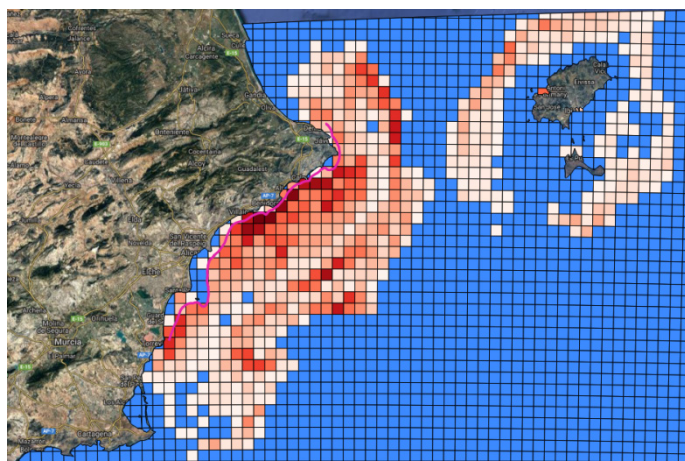


Figura 168: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Junio.

## OTOÑO

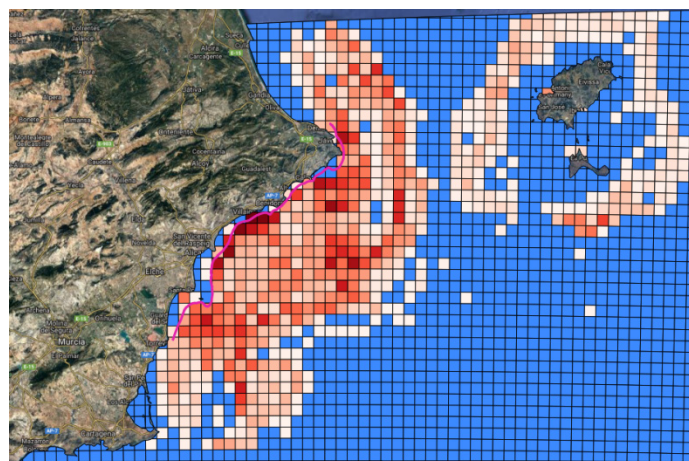


Figura 179: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Septiembre.

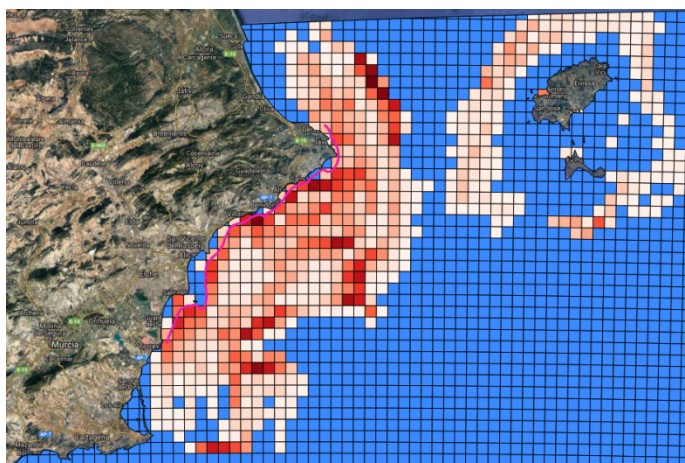


Figura 30: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Julio.

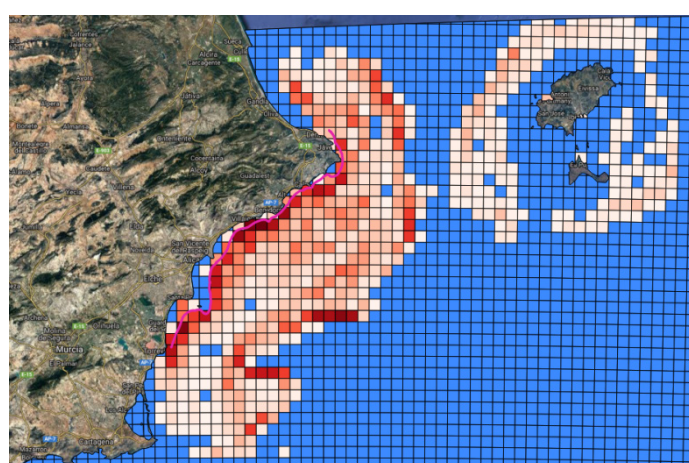


Figura 31: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Octubre.

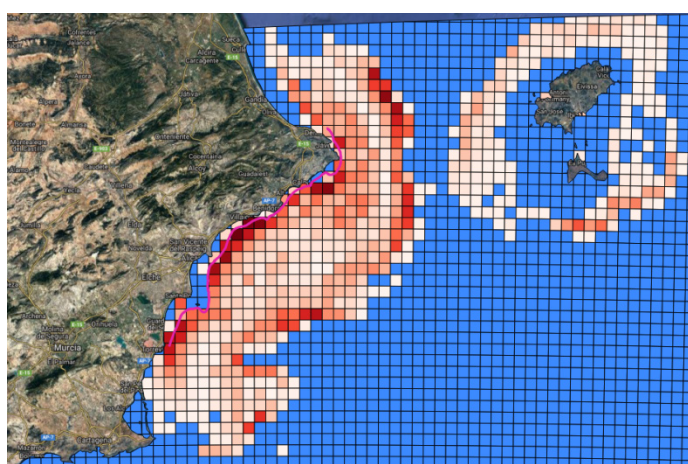


Figura 192: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Agosto.

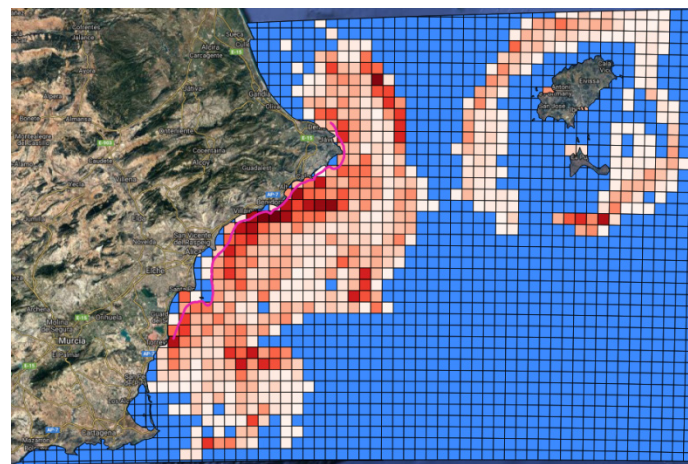


Figura 183: Pulsos VMS de arrastre en el mes de Noviembre.



Para ver el comportamiento a nivel de un barco se han estudiado los pulsos emitidos durante un día de trabajo. En todos los casos estudiados, salvo en el último, solo se han cogido los pulsos detectados dentro de los primeros 25 km alrededor de la antena de la Universidad por lo que todos los pulsos representados no necesariamente son todos los pulsos emitidos por el buque durante ese día.

En los tres primeros casos (Figuras 34, 35 y 36), se muestran barcos donde el sistema AIS funciona de manera correcta y no parece haber sido apagado en ningún momento. En todos casos se puede observar, como los pulsos del sistema AIS y del sistema VMS son coincidentes en la misma trayectoria sin embargo el sistema AIS ofrece una trayectoria mucho más detallada del buque. En efecto, si cogemos solo las posiciones VMS en ninguno de los casos se podrían trazar los lances del buque, tan solo podríamos situar al buque en una zona concreta.

En el primer caso (Figura 34) el buque V14 emitió 233 pulsos AIS de los cuales 185 son posiciones de arrastre (79,4%) que reflejan que el barco realizó 3 lances diferentes. En cuanto al sistema VMS tan solo hay 8 pulsos de los cuales 7 son de arrastre (87,5%).

En el segundo caso (Figura 35), el mismo buque emitió 217 pulsos totales de AIS de los cuales 193 fueron pulsos de arrastre (88.9%). Ese día el barco también realizó 3 lances. En cuanto al VMS el buque solo emitió 6 posiciones siendo todas de arrastre (100%).

En el último caso (Figura 36), el buque V10 emitió 246 pulsos totales de AIS de los cuales 189 son de arrastre (76,8%) por tan solo 6 pulsos de VMS de las cuales 5 eran pulsos de arrastre (83.3%). Este buque realizó entre 3 y 5 lances durante la jornada.

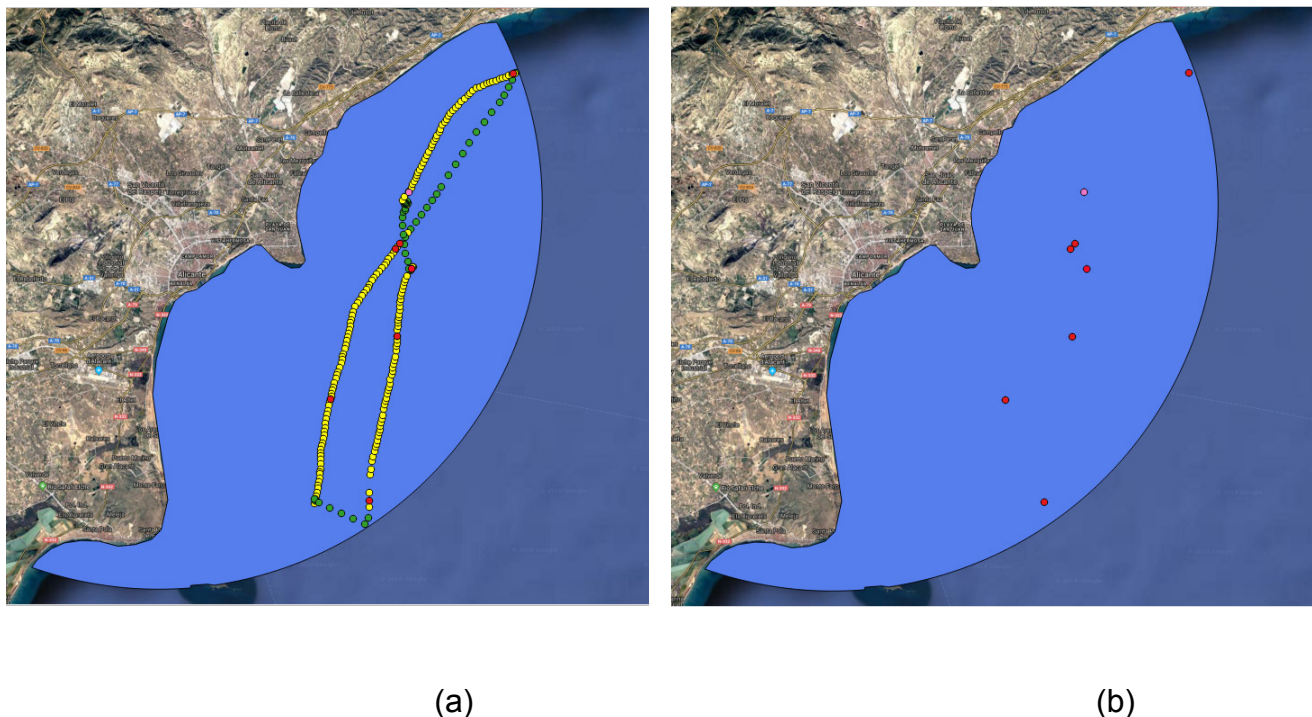
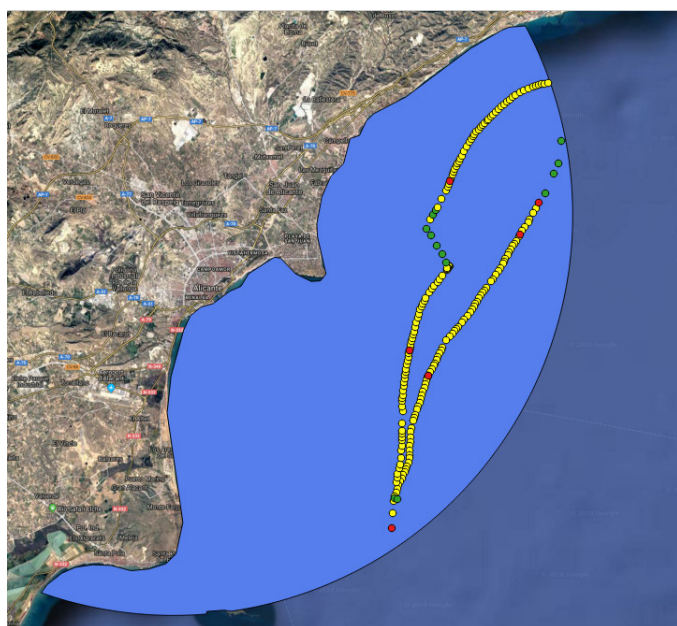


Figura 204: Pulsos emitidos por el barco V14 el día 02/09/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando.

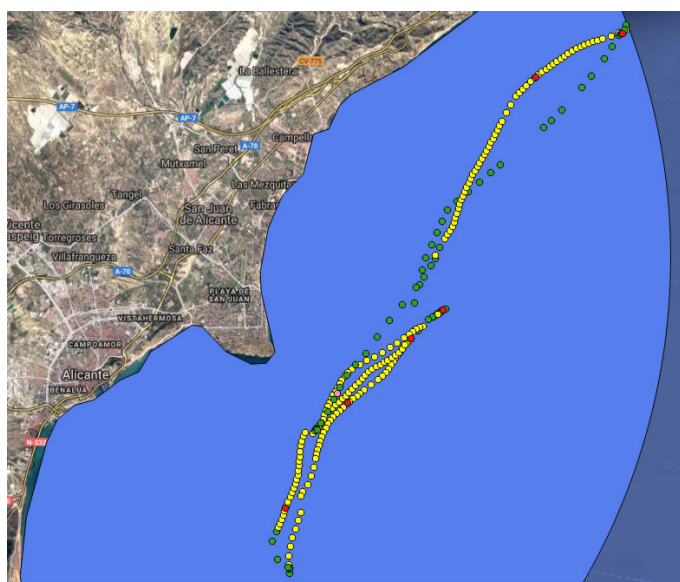


(a)

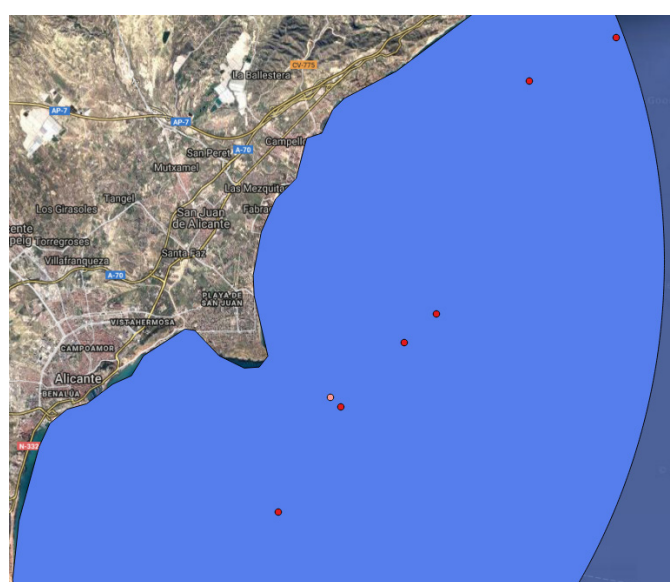


(b)

Figura 215: Pulsos emitidos por el barco V14 el día 17/04/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando.



(a)

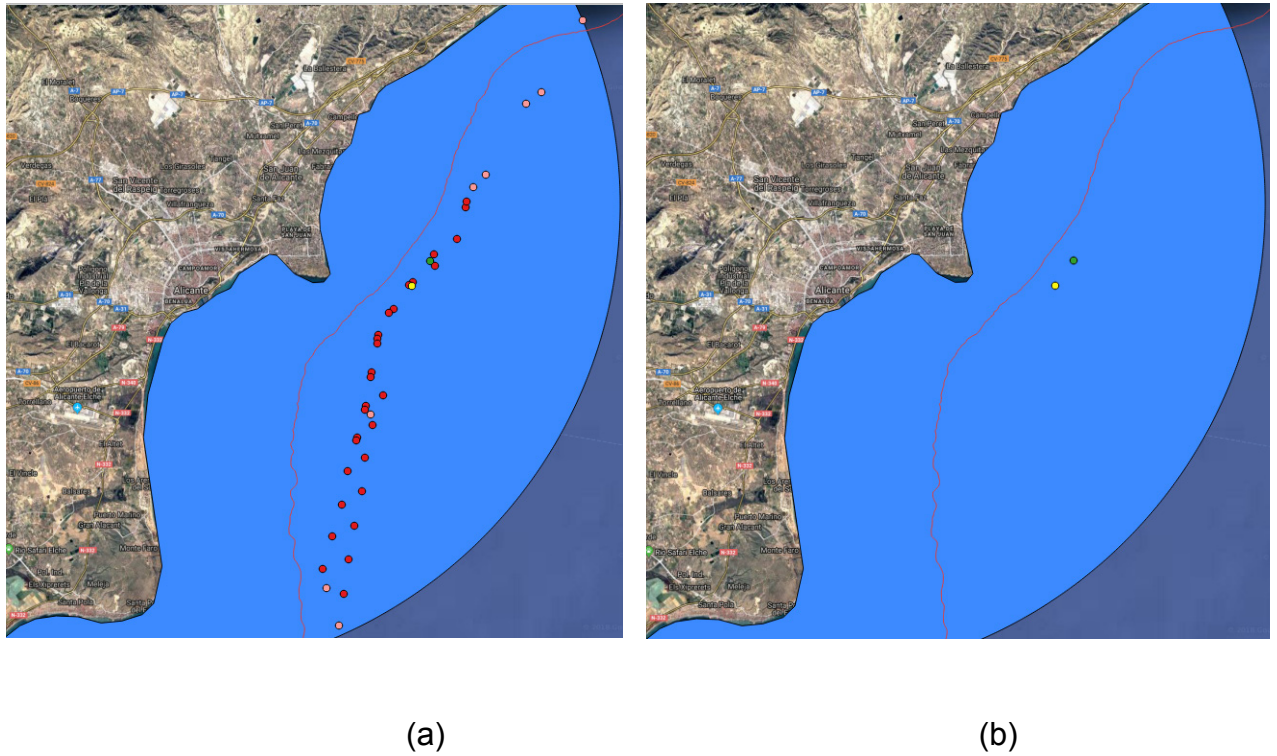


(b)

Figura 226: Pulsos emitidos por el barco V10 el día 19/11/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos VMS. Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando.

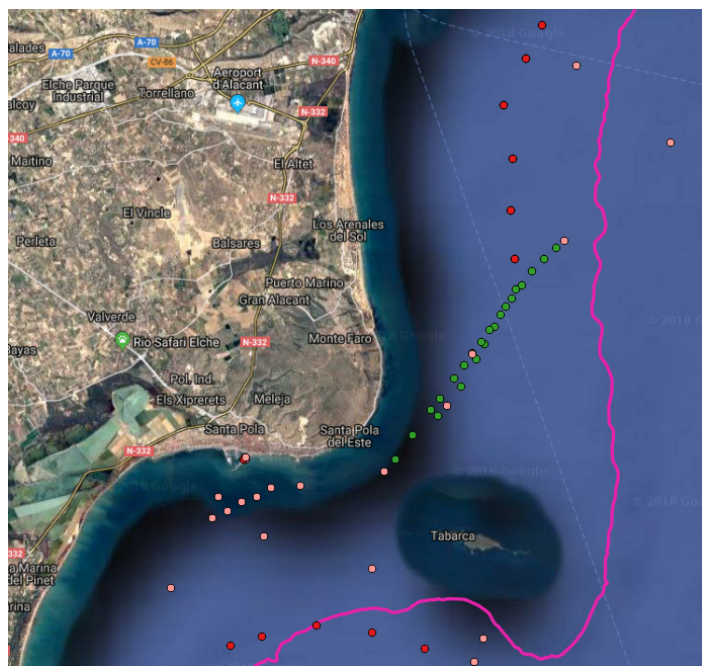


En la figura 37, vemos el caso de un buque que, aunque no se encuentra en una zona prohibida a la pesca, no está emitiendo por el sistema AIS (tan solo dos posiciones). En este caso, se observa un aumento del número de pulsos VMS con 37 pulsos totales de los cuales 29 son pulsos de arrastre (78,4%). Aunque existe un aumento del número de pulsos VMS sigue sin ser suficiente para diferenciar bien los lances realizados durante el día.

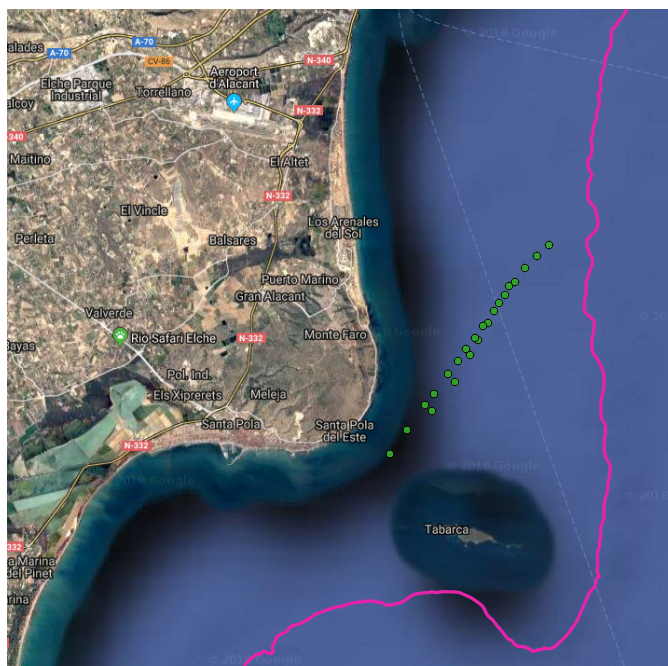


*Figura 237: Pulsos emitidos por el barco V3 el día 11/03/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos AIS Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando*

En el caso de la Figura 38, tenemos un barco que podría estar realizando, presuntamente, una actividad ilegal ya que se encuentra en una zona con una profundidad inferior a los 50 metros a velocidades de arrastre. El barco S4 emitió ese día 33 pulsos VMS de los cuales 12 son pulsos de arrastre y 22 posiciones AIS pero ningún pulso de arrastre. En la Figura 30 se pueden vislumbrar dos posibles lances realizados por el buque, uno realizado en la zona norte del Cabo de Santa Pola donde se detectan 6 posiciones de arrastre entre las 11:33:00 horas hasta las 13:54:00 horas, y otro realizado enfrente del puerto de Santa Pola se detectan 5 posiciones VMS entre las 4:49:00 y las 6:30:00.



(a)



(b)

Figura 248: Pulsos recibidos del barco S4 el día 11/02/2015: a) Pulsos AIS y VMS b) Pulsos AIS. Color rojo: Pulsos VMS de arrastre, Color rosa: Pulsos VMS con velocidades que indican que el buque está navegando, Color Amarillo: Pulsos AIS de arrastre, Color verde: Pulsos AIS que indican que el buque está navegando



## 5. DISCUSIÓN

Los dos sistemas de posicionamiento analizados en este trabajo tienen finalidades diferentes que condicionan sus características. Mientras el VMS es un sistema de control de la actividad pesquera, el objetivo del AIS es aumentar la seguridad de la navegación marítima. En este sentido, con respecto a la legislación, el sistema VMS tiene un marco legislativo muy muy detallado, donde se especifica muy bien puntos clave como: la obligatoriedad de no modificar la caja azul, las características técnicas del aparato, así como la frecuencia a la cual el dispositivo tiene que enviar posiciones. También se especifican las sanciones si se no se cumple con estos puntos. Sin embargo el AIS no posee un marco legislativo tan sólido, ya que en nuestras leyes tan solo parece la obligatoriedad de llevarlo instalado a bordo y la obligatoriedad de llevarlo encendido siempre y cuando el capitán cree que no se pone en riesgo la seguridad del buque. Estas diferencias en la legislación pueden ser aprovechadas por algunos barcos para apagar el AIS de manera arbitraria.

En cuanto a la cobertura de la flota, la utilización de ambos sistemas es obligatoria para los buques mayores de 15 metros de eslora, esto provoca, que en el segmento de buques de mayor tamaño, la cobertura sea completa y similar. Sin embargo, la flota artesanal y los barcos de menor tamaño no están obligados a llevar estos dispositivos, no obstante sí que pueden llevar de manera voluntaria el AIS clase B, por tanto, aunque no tengamos información a través del sistema VMS de este segmento de la flota, se puede conocer la posición de ciertos buques con el sistema AIS. En España, según el informe anual de la actividad de la flota pesquera en el año 2016, el 71,1% de los barcos son de menos de 12 metros de eslora, y el 20.7% son de entre 12 y 24 metros, esto indica que una mayoría de la flota se encuentra en estos momentos sin la obligatoriedad de transmitir sus posiciones. Para solventar este problema, algunas comunidades autónomas han empezado a desarrollar sus propios sistemas de localización de buques donde incluyen la flota artesanal en la obligatoriedad de llevar operativo un sistema de localización (por ejemplo el caso de Andalucía o Murcia).

También existen diferencias en la accesibilidad de los datos. Los datos VMS son de uso restringido aunque existen vías para disponer de los mismos. Por un lado, dentro de los objetivos del sistema de control e inspección pesquera, no solamente se pueden usar por el país de pabellón del barco sino que la ley obliga a que exista una cooperación entre países y se comparta la información de los buques que están faenando en aguas de terceros países o que estén en aguas sujetas a la normativa de una Organización Regional de Pesca. Por otro lado, a nivel de asesoramiento científico, en el marco de desarrollo de programas nacionales o internacionales; los estados pueden compartir información con los usuarios finales siempre y cuando no se ponga en riesgo la confidencialidad de los datos. En cuanto al AIS, la obtención de los datos requiere simplemente de la instalación de un receptor de señales VHF, por lo que el acceso es libre. No obstante, en la práctica, a la hora de obtener esos datos se recurren a empresas u organismos que se dedican a recopilarlos (Marine Traffic, Vessel Finder, Global Fishing Watch, ...). Algunas de estas empresas los ceden gratuitamente para uso científico. Sin embargo la unión Europea a través del proyecto SafeseaNet está intentado crear un gran base de datos donde poder centralizar toda la información y probablemente surjan más iniciativas similares en el futuro.

La manera de emitir los datos, provoca también diferencias. En este sentido mientras el sistema VMS emite los datos utilizando satélites, el sistema AIS emite principalmente vía VHF y los datos son captados por una antena costera. Esto provoca que tengamos una cobertura global con el Sistema VMS pero un sesgo con el sistema AIS en función de la distancia a la Antena. En nuestro trabajo se ha observado que aunque se hayan detectado pulsos AIS a más de 200km de distancia, a partir de los primeros 25 km el número de pulsos descende de forma significativa. Se podría mejorar la cobertura empleando los datos de varias antenas costeras pero siempre existirá un sesgo hacia alta mar salvo que se empleen datos de AIS satelital. Por otro lado, debido a la diferencia de coste en la transmisión de la información, obtenemos posiciones de AIS con una alta frecuencia (5 minutos entre dos pulsos) mientras que el VMS normalmente emite una posición cada hora o cada dos horas.

En la tabla 9 se hace una comparativa de las principales características de los sistemas AIS y VMS.

*Tabla 9: Resumen de los Sistemas AIS y VMS*

-	Sistema AIS	Sistema VMS
<b>Objetivo</b>	Seguridad Marítima	Control pesquero
<b>Acceso a los datos</b>	Acceso libre	Autorización previa
<b>Emisión</b>	Radio (aunque se puede recibir vía Satélite)	Satélite
<b>Precio</b>	Bajo	Muy alto
<b>Cobertura espacial</b>	En función de la distancia a la Antena	Global
<b>Frecuencia de los datos</b>	Alta	Baja
<b>Marco legislativo</b>	Existen lagunas respecto a la obligatoriedad de llevar el sistema encendido	Bien desarrollado
<b>Uso por barcos pesqueros</b>	Sesgada	Obligatorio

La transmisión de datos AIS varía a lo largo del año debido a las condiciones atmosféricas (Last et al, 2015), lo que provoca que en verano se puedan recibir posiciones a mayor distancia. Sin embargo, esto no afecta a las transmisiones en la zona más cercana por lo que, con la corrección introducida en este trabajo, no se produce un sesgo estacional.

También se ha detectado un segundo sesgo ya que algunas embarcaciones modifican la emisión del AIS para que no pueda ser detectada por las estaciones costeras, particularmente durante la actividad pesquera. Cuando un barco no emite con AIS no se puede asegurar que el barco no esté pescando, al contrario de lo que ocurre con el VMS que es de uso obligatorio. Sin embargo en estos casos se observa un aumento significativo del número de pulsos VMS por barco y día, ya que el sistema VMS está configurado para guardar una posición cada 10 minutos durante los últimos 6 meses y, en casos de infracción potencial, desde el centro de control se puede pedir un volcado de datos extraordinario. Probablemente esta sea la causa de la diferencia en el número de

posiciones VMS por barco y día observada en este trabajo. Mazzarella et al (2017) han propuesto un sistema para poder detectar cuando el AIS se apaga de modo intencionado.

Por lo tanto, con el sistema AIS obtenemos una imagen mucho más detallada de la actividad en la zona con buena cobertura mientras que con el VMS tenemos una imagen global de la actividad de la flota. No obstante, a pesar de estas diferencias, dentro de la zona de buena cobertura de ambos sistemas, la huella pesquera obtenida es similar, lo que indicaría que el uso o no del AIS depende de una decisión personal del patrón que no está influida por la zona en la que se está pescando.





## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que hemos llegado con este trabajo son las siguientes:

1. Ambas fuentes de datos permiten conocer el patrón general de actividad espacio-temporal de la flota en el área de estudio.
2. Las diferencias en el marco legislativo de ambos sistemas y las lagunas detectadas en la legislación del sistema AIS, permiten que su uso sea menor que el del VMS. Por tanto, sería conveniente una homogenización del marco legislativo de ambos sistemas, clarificando las condiciones de uso del sistema AIS.
3. Debido a sus características técnicas, existe un sesgo en los datos de AIS provocado por la distancia a la antena, circunstancia que con los datos VMS no ocurre. En este caso, la antena de la Universidad de Alicante ofrece una buena cobertura de AIS en los primeros 25km. Se podría mejorar el rango utilizando un mayor número de antenas costeras pero para evitar el sesgo hacia alta mar habría que emplear AIS satelital.
4. La cobertura de la antena no es homogénea a lo largo de todo el año. Se observa que en los meses de verano el alcance de la antena es mayor que el resto de año.
5. Existen muchos más datos del Sistema AIS que del Sistema VMS debido a que el AIS, cuando la cobertura es buena, emite de media 15 posiciones por cada posición del sistema VMS por lo que ofrece una imagen mucho más detallada de la actividad pesquera.
6. No obstante la diferente frecuencia de los datos emitidos por ambos sistemas, la huella de la pesquería dentro de la zona con buena cobertura es muy similar. Esto sugiere que cuando un barco no emite datos AIS lo hace por una decisión personal del patrón no ligada a la zona en la que está pescando.
7. Aunque los datos VMS sean más estables que los datos AIS, también se observan diferencias entre barcos que podrían estar relacionadas con pesca en zonas prohibidas.
8. Aunque existan proyectos a nivel regional, la falta de un sistema de localización de buques de menos de 15 metros de eslora a nivel nacional provoca que gran parte de la flota siga siendo opaca a los sistemas de seguimiento. Se necesita desarrollar un sistema que solvante este problema en todo el territorio. No obstante, el alto precio de las transmisiones vía satélite hace difícil el desarrollo del sistema VMS. Sin embargo, debido a que estos barcos no se alejan mucho de la costa, que las transmisiones son gratuitas (tan solo hay que comprar el transpondedor) y que algunos ya llevan instalado un dispositivo clase b, hacen que el sistema más efectivo



para conocer la posición de estos buques sea el desarrollo del sistema AIS o similar en todo este segmento de flota y su utilización como sistema de seguimiento y control.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Aranzazu Murillas et al. (2013). *Informe final del proyecto BATEGUIN. BATEGUIN: Bases Técnicas para el aseguramiento de la sostenibilidad de la pesca costera de País Vasco en base a una planificación espacial marina*. AZTI
2. Artetxe, I. (2014) Monitoreo de flotas Artesanales en el País Vasco. Programas de seguimiento de las Estrategias marinas. *Taller de pesquerías artesanales y recreativas Valsain (Segovia)*.
3. Bellido J. M., Sánchez J. L., García T., Baro J. (2015). Workshop on a new technical measures framework for the new common fisheries policy. Chapter: Fishing management based in technical measures, the need of a new framework for the Mediterranean Sea. *European Parliament*
4. Bole A., Dineley B., Wall A. (2005). Radar and ARPA manual. 10.3 Automatic Identification system (AIS). *Elsevier* pag. 434 – 445.
5. Bosnjak R., Simunovic L., Kavran Z. (2012). Automatic Identification System in Maritime Traffic and Error Analysis. *Regula papers*. doi: 10.7225/toms.v01.n02.002
6. Daw Tim M. (2008). Spatial distribution of effort by artisanal fishers: Exploring economic factors affecting the lobster fisheries of the Corn Islands, Nicaragua. *School of Marine Science and Technology, Newcastle University*
7. Del Olmo Garrudo, L. A. (2014). Sistema de Localización y Seguimiento de Embarcaciones Pesqueras Andaluzas. Programas de seguimiento de las Estrategias marinas. *Taller de pesquerías artesanales y recreativas Valsain (Segovia)*.
8. Delgado Moya S. (2016). Utilización de datos AIS para el seguimiento de la actividad pesquera en Alicante. Trabajo Final de Grado. *Universidad de Alicante*.
9. Dunn D. C., Boustany A. M. and Halpin P. N. (2011). Spatio-temporal management of fisheries to reduce by-catch and increase fishing selectivity. *Fish and Fisheries*. Volume 12, Issue , pages 110 - 119
10. Exactearth (2012). Satellite AIS and First Pass Detection. [http://cdn2.hubspot.net/hub/183611/file-30951507-pdf/Collateral\\_for\\_Download/First\\_Pass\\_Detection\\_White\\_Paper.pdf](http://cdn2.hubspot.net/hub/183611/file-30951507-pdf/Collateral_for_Download/First_Pass_Detection_White_Paper.pdf)
11. FAO Servicio de Tecnología de Pesca (2003). Operaciones pesqueras. 1. Sistemas de localización de buques vía satélite. *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. N°1, Supl. 1. Roma, FAO
12. FAO. (1995). Acuerdo para promover el cumplimiento de las medidas internacionales de conservación y ordenación por los buques pesqueros que pescan en alta mar. *Roma*

13. Forcada A., Valle C., Bonhome P., Criquet G., Cadiou G., Lenian P., Sánchez Lizaso J. L. (2009). Effects of hábitat on spillover from marine protected areas to artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress*. Vol. 379: 197–211, 2009 doi: 10.3354/meps07892
14. Gaines S. D., White C., Carr M. H. and Palumbi S. R. (2009). Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *PNAS Early Edition*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906473107>
15. Gerritsen H. and Lordan C. (2011). Integrating vessel monitoring system (VMS) data with daily catch data from logbooks to explore the spatial distribution of catch and effort at high resolution. *ICES Journal of Marine Science*. Volume 68, Issue 1, Pages 245–252, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq137>
16. Gilis D.M. and Peterman R.M. (1998). Implication of interference among fishing vessels and the ideal free distribution to the interpretation of CPUE. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 37–46.
17. Gillis, D.M., Peterman, R.M., and Tyler, A.V. (1993). Movement dynamics in a fishery: application of the ideal free distribution to spatial allocation of effort. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 323–333.
18. Gobierno de España (2016). Informe anual de la actividad de la flota pesquera española año 2016. [https://www.mapama.gob.es/es/pesca/planes-y-estrategias/informe-anual-actividad-flota-ano-2016\\_tcm30-420547.pdf](https://www.mapama.gob.es/es/pesca/planes-y-estrategias/informe-anual-actividad-flota-ano-2016_tcm30-420547.pdf)
19. Gobierno de España (2014): Ley 33/2014, de 26 de diciembre, por la ue se modifica la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado. *Boletín Oficial del Estado, Sábado 27 de diciembre de 2014, Núm 313*
20. Gobierno de España (2004). Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero del 2004, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo. *Boletín Oficial del Estado, Sábado 14 de febrero del 2004, núm. 39.*
21. Gobierno de España (2008) (a). Real Decreto 747/2008, de 9 de mayo, por el que se establece el Reglamento del régimen sancionador en materia de pesca marítima en aguas exteriores. *Boletín Oficial del Estado, núm. 129*
22. Gobierno de España (2010). Real Decreto 1593/2010, de 26 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece un sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo. *Boletín Oficial del Estado, Martes 30 de Noviembre de 2010, núm. 289*
23. Gobierno de España (2015) (a). Real Decreto 182/2015, de 13 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de procedimiento del régimen sancionador en materia de pesca marítima en aguas exteriores. *Boletín Oficial del Estado, Sábado 14 de marzo de 2015, núm 63*

24. Gobierno de España (2003). Orden APA/3660/2003, de 22 de diciembre de 2003, por la que se regula en España el sistema de localización de buques pesqueros vía satélite y por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la adquisición e instalación de los sistemas de localización en los buques pesqueros. *Boletín Oficial del Estado, Miércoles 31 de diciembre del 2003, núm 313*.
25. Gobierno de España (2008) (b). ORDEN ARM/3238/2008, de 5 de noviembre, por la que se modifica la Orden APA/3660/2003, de 22 de diciembre, por la que se regula en España el sistema de localización de buques pesqueros vía satélite y por la que se establecen las bases reguladoras de las ayudas para la adquisición e instalación de los sistemas de localización de buques pesqueros. *Boletín Oficial del Estado, Jueves 13 noviembre 2008*.
26. Gobierno de España (2015) (b). Orden FOM/2380/2015, de 6 de noviembre, por la que se sustituye el anexo III del Real Decreto 210/2004, de 6 de febrero, por el que se establece el sistema de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo. *Boletín Oficial del Estado, Miércoles 11 de noviembre de 2015, núm. 270*
27. Gobierno de la Región de Murcia (2016). Decreto n.º 32/2016, de 4 de mayo, por el que se regula el sistema de localización y seguimiento de embarcaciones pesqueras (TETRAPES) en aguas de la Región de Murcia. *Boletín Oficial de la Region de Murcia, 6 de Mayo de 2016, núm. 104*
28. Halpern B.S., Walbridge S., Selkoe K.A., Kappel C.V., Micheli F., D'Agrosa C., Bruno J.F., Casey K.S., Ebert C., Fox H.E., Fujita R., Heinemann D., Lenihan H.S., Madin E.M.P., Perry M.T., Selig E.R., Spalding M., Steneck R., Watson R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*.
29. Hobday A. J. and Hartmann K. (2006). Near real-time spatial management based on habitat predictions for a longline bycatch species. *Fisheries Management and Ecology*.  
[http://www.allaboutais.com/jdownloads/Access%20schemes%20technical%20downloads/ais\\_tdma\\_access\\_schemes.pdf](http://www.allaboutais.com/jdownloads/Access%20schemes%20technical%20downloads/ais_tdma_access_schemes.pdf)
30. IEC (2001). Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems. Automatic identification systems (AIS) Part 2: Class A shipborne equipment of the universal automatic identification system (AIS). Operational and performance requirements, methods of test and required test results. *International estándar IEC61993-2 Edition 1*
31. IEC (2007). Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems Automatic Identification Systems (AIS). Part 1: AIS Base Stations. Minimum operational and performance requirements, methods of testing and required test results. *International standard IEC62320-1, Edition 1*
32. IEC (2008). Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems. Automatic identification system (AIS). Part 2: AIS AtoN Stations.

Operational and performance requirements, methods of testing and required test results. *International standard IEC62320-2 Edition 1*

33. IEC (2010) (a). Global maritime distress and safety system (GMDSS). Part 14: AIS search and rescue transmitter (AISSART). Operational and performance requirements, methods of testing and required test results. *International estándar IEC61097-14 Edition 1*
34. IEC (2010) (b). Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems. Class B shipborne equipment of the automatic identification system (AIS). Part 1: Carrier-sense time division multiple access (CSTDMA) techniques. *International standard IEC62287-1 Edition 2*
35. ITUR (2010). Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band. *ITU-R M.1371-4*
36. James M., Mendo, T., Jones E. L., Orr K., McKnight A., Thompson J. (2018). AIS data to inform small scale fisheries management and marine spatial planning. *Marine Policy*. Volume 91, Pages 113-121. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.012>
37. Janben H., Bastardie F., Margit E., Hamon Katell G., Hinrichsen H., Marchal P., Nielsen J. R., Le Pape O., Schulze T., Simons S., Teal L. R., Tidd A. (2018). Integration of fisheries into marine spatial planning: Quo vadis? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 201, Pages 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.01.003>
38. Last P., Hering-Bertram M. and Linsen L. (2015). How automatic identification system (AIS) antenna setup affects AIS signal quality. *Ocean Engineering*. Volume 100, Pages 83-89. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.03.017>
39. Le Tixerant M., Le Guyader D., Gourmelon F. and Queffelec B. (2018). How can Automatic Identification System (AIS) data be used for maritime spatial planning? *Ocean and Coastal Management*. Volume 166, Pages 18-3. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.05.005>
40. Lee, J., South, A. B., and Jennings, S. (2010). Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates offishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 1260–1271.
41. Llaquet, J. (2006). Manual de Ayudas a la Navegación de la AISM / IALA IALA Aids to Navigation Manual. *Navguide.5 edición*.
42. Matsumoto, H., Furusho, M., Fuchi, M. (2015). Research on the Utilization of AIS for fishing boat. *J. Marit. Res.* 5, 25-34. doi:10.1063/1.2896303
43. Mazzrella F., Vespe M., Alessandrini A., Tarchi D., Aulicino G. and Vollero A. (2017). A novel anomaly detection approach to identify intentional AIS on-off switching. *Expert Systems With Applications*.

44. Naciones Unidas (1995). Acuerdo sobre las disposiciones de la convención relativas a la conservación y ordenación de las poblaciones de peces transzonales y las poblaciones de peces altamente migratorios. *Asamblea General del 8 de Septiembre de 1995*.
45. Norse E. A. (2010). Ecosystem based spatial planning and management of marine fisheries: Why and how? *Bulletin of Marine Science*. 86(2): 179–195.
46. OMI (2006). RESOLUCION MSC.211(81). Arrangements for the timely establishment of Long-Range Identification and tracking system. *MSC 81/25/Add.1 ANNEX 14*
47. OMI (2016). RESOLUCION MSC.202(81). Adopción de enmiendas al convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, enmendado. *MSC 81/25/Add.1*
48. OMI (1974). Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, enmendado del 1 de noviembre de 1974. Capítulo V sobre la seguridad de la navegación.
49. OMI (2002). Resolución A.917(22), de 29 de noviembre de 2001. Directrices relativas a la utilización en el buque del sistema de identificación automática (SIA) de a bordo. *Asamblea, 22º periodo de sesiones del 25 de enero del 2002. Punto 9 del orden del día*.
50. Pennino M. G., Muñoz F., Conesa D., López-Quilez A., Bellido J. M. (2014). Bayesian spatio-temporal discard model in a demersal trawl fishery, *Journal of Sea Research*. Volume 90, Pages 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.03.001>
51. Rolim F. A. and Ávila-da-Silva A. O. (2016). Effects of marine protected áreas on fisheries: the case of Sao Paulo State, Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 44(5): 1028 – 1038.
52. Saltaug A. and Aanes S. (2003). Catchability and the spatial distribution of fishing vessels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(3): 259-268, <https://doi.org/10.1139/f03-018>
53. Santana Delfino C. M. (2009). Red de datos AIS y Mareógrafos. *Trabajo Final de Carrera. Universidad de Belgrano*
54. Soltow N. (2017). Opportunities and challenges for port agents by the increasing digital progress of the maritime sector. *Fonasba*
55. Stewart K. R., Lewison R. L., Dunn D. C., Bjorkland R. H., Kelez S., Halpin P. N., Crowder L. B. (2010) Characterizing Fishing Effort and Spatial Extent of Coastal Fisheries. *PLoS ONE* 5(12): e14451. doi:10.1371/journal.pone.0014451

56. *Suhendar M. (2012). Comparison of vessel monitoring system (VMS) between Iceland and Indonesia. United Nation University. Fisheries Training Programme.*
57. Unión Europea (2002). Directiva 2002/59/CE del Consejo, de 27 de junio de 2002, relativa al establecimiento de un sistema comunitario de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo y por la que se deroga la Directiva 93/75/CEE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea L 208, 5 de agosto de 2002, p.10*
58. Unión Europea (2006). LIBRO VERDE. Estrategia europea para una energía sostenible, competitiva y segura. *Bruselas, 8.3.2006 COM(2006) 105 final*
59. Unión Europea (2009) (a). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO, AL PARLAMENTO EUROPEO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Hacia la integración de la vigilancia marítima: Entorno común de intercambio de información sobre cuestiones marítimas de la UE. *Bruselas, COM(2009) 538*
60. Unión Europea (2009) (b). DIRECTIVA 2009/17/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 por la que se modifica la Directiva 2002/59/CE relativa al establecimiento de un sistema comunitario de seguimiento y de información sobre el tráfico marítimo. *Diario Oficial de la Unión Europea L 131/101, 28 de mayo del 2009*
61. Unión Europea (2009) (c). DIRECTIVA 2009/59/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 13 de julio de 2009 relativa a los retrovisores de los tractores agrícolas o forestales de ruedas. *Diario Oficial de la Unión Europea L 198/9 30 de julio del 2009*
62. Unión Europea (2009) (d). REGLAMENTO (CE) No 1224/2009 DEL CONSEJO de 20 de noviembre de 2009 por el que se establece un régimen comunitario de control para garantizar el cumplimiento de las normas de la política pesquera común, se modifican los Reglamentos (CE) no 847/96, (CE) no 2371/2002, (CE) no 811/2004, (CE) no 768/2005, (CE) no 2115/2005, (CE) no 2166/2005, (CE) no 388/2006, (CE) no 509/2007, (CE) no 676/2007, (CE) no 1098/2007, (CE) no 1300/2008 y (CE) no 1342/2008 y se derogan los Reglamentos (CEE) no 2847/93, (CE) no 1627/94 y (CE) no 1966/2006. *Diario Oficial de la Unión Europea L 343/1, 22 de diciembre del 2009*
63. Unión Europea (2011). REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) No 404/2011 DE LA COMISIÓN de 8 de abril de 2011 que establece las normas de desarrollo del Reglamento (CE) no 1224/2009 del Consejo por el que se establece un régimen comunitario de control para garantizar el cumplimiento de las normas de la política pesquera común. *Diario Oficial de la Unión Europea L 112/1, 30 de abril del 2011*
64. Unión Europea (2013). REGLAMENTO (UE) No 1380/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2013 sobre la Política Pesquera Común, por el que se modifican los Reglamentos

- (CE) no 1954/2003 y (CE) no 1224/2009 del Consejo, y se derogan los Reglamentos (CE) no 2371/2002 y (CE) no 639/2004 del Consejo y la Decisión 2004/585/CE del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea L 354/22, 28 de diciembre del 2013.*
65. Unión Europea (2016). DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2016/1251 DE LA COMISIÓN de 12 de julio de 2016 por la que se adopta un programa plurianual de la Unión para la recopilación, gestión y uso de los datos de los sectores de la pesca y la acuicultura para el período 2017-2019. *Diario Oficial de la Unión Europea L 20, 37/113 01 de agosto del 2016*
  66. Unión Europea (2017). REGLAMENTO (UE) 2017/1004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de mayo de 2017 relativo al establecimiento de un marco de la Unión para la recopilación, gestión y uso de los datos del sector pesquero y el apoyo al asesoramiento científico en relación con la política pesquera común y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 199/2008 del Consejo. *Diario Oficial de la Unión Europea L 112/1, 30 de abril del 2011*
  67. Unión Europea (2014). Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo. *Diario Oficial de la Unión Europea L 257/135, 28 de agosto de 2014*
  68. Vilela R., Conesa D., Del Rio J. L., Bellido J.M. (2018). Integrating fishing spatial patterns and strategies to improve high seas fisheries management. *Marine Policy. Volume 94, Pages 132-142.*  
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.016>
  69. Worm B., Hilborn R., Baum J. K., Branch T., Collie J. S., Costello C., Fogarty M. J., Fulton E. A., Hutchings J. A., Jennings S., Jensen O. P., Lotze H. K., Mace P. M., McClanahan T. R., Minto C., Palumbi S. R., Parma A. M., Ricard D., Rosenberg A. A., Watson R. and Zeller D. (2009). Rebuilding Global Fisheries. *Science*, Vol. 325, Issue 5940, pp. 578-585. DOI: 10.1126/science.1173146





El Máster Internacional en GESTIÓN PESQUERA SOSTENIBLE está organizado conjuntamente por la Universidad de Alicante (UA), el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), a través de la Secretaría General de Pesca (SGP), y el Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM), a través del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (IAMZ).

El Máster se desarrolla a tiempo completo en dos años académicos. Tras completar el primer año (programa basado en clases lectivas, prácticas, trabajos tutorados, seminarios abiertos y visitas técnicas), durante la segunda parte los participantes dedican 10 meses a la iniciación a la investigación o a la actividad profesional realizando un trabajo de investigación original a través de la elaboración de la Tesis Master of Science. El presente manuscrito es el resultado de uno de estos trabajos y ha sido aprobado en lectura pública ante un jurado de calificación.

*The International Master in SUSTAINABLE FISHERIES MANAGEMENT is jointly organized by the University of Alicante (UA), the Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment (MAGRAMA), through the General Secretariat of Fisheries (SGP), and the International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM), through the Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza (IAMZ),*

*The Master is developed over two academic years. Upon completion of the first year (a programme based on lectures, practicals, supervised work, seminars and technical visits), during the second part the participants devote a period of 10 months to initiation to research or to professional activities conducting an original research work through the elaboration of the Master Thesis. The present manuscript is the result of one of these works and has been defended before an examination board.*